

Библиографический список

1. Галеева Л.П. Влияние удобрений на плодородие почв северной лесостепи Западной Сибири. – Новосибирск, 2013. – С. 340.
2. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 267 с.
3. Газиков Г.П. Современные проблемы применения удобрений в сибирском земледелии // Вестник с.-х. науки. – 1985. – № 6. – С. 69-73.
4. Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 438-475.
5. Загорча К.Л. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 287 с.
6. Попова В.И., Болдышева Е.П. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимые зерновые культуры в Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 10 (84). – С. 10-15.
7. Старостенко В.П. Эффективность использования удобрений в севооборотах Приобской зоны Алтайского края. – Новосибирск, 2008. – 100 с.
8. Суховеркова В.Е. Основные незеродированные почвы ОПХ им. В.В. Докучаева // Современные проблемы сельского хозяйства и пути их решения: сб. науч. тр. – Барнаул, 2000. – С. 183-199.

References

1. Galeeva L.P. Vliyanie udobrenii na plodorodie pochv severnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk, 2013. – S. 340.
2. Gamzikov G.P. Azot v zemledelii Zapadnoi Sibiri. – M.: Nauka, 1981. – 267 s.
3. Gazikov G.P. Sovremennye problemy primeneniya udobrenii v sibirskom zemledelii // Vestnik s.-kh. nauki. – 1985. – № 6. – S. 69-73.
4. Gorshenin K.P. Pochvy yuzhnoi chasti Sibiri. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1955. – S. 438-475.
5. Zagorcha K.L. Optimizatsiya sistemy udobreniya v polevykh sevooborotakh. – Kishinev: Shtiintsa, 1990. – 287 s.
6. Popova V.I., Boldysheva E.P. Bioenergeticheskaya effektivnost' primeneniya udobrenii pod ozimye zernovye kul'tury v Zapadnoi Sibiri // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – 2011. – № 10 (84). – S. 10-15.
7. Starostenko V.P. Effektivnost' ispol'zovaniya udobrenii v sevooborotakh Priobskoi zony Altaiskogo kraja. – Novosibirsk, 2008. – 100 s.
8. Sukhoverkova V.E. Osnovnye neerodirovannye pochvy OPKh im. V.V. Dokuchaeva / Sovremennye problemy sel'skogo khozyaistva i puti ikh resheniya: Sb. nauch. tr. – Barnaul, 2000. – S. 183-199.



УДК 633.63:581.133.8:631.82/.85:631.559 (571.15)

Г.Г. Морковкин, М.В. Ярцев
G.G. Morkovkin, M.V. Yartsev

**СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ
НА ФОНЕ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ И САХАРИСТОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ
В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО-ЗАСУШЛИВОЙ КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**THE CONTENT OF MOBILE NUTRIENTS IN THE SOIL AGAINST THE BACKGROUND
OF MINERAL FERTILIZATION AND THEIR EFFECT ON THE YIELD AND SUGAR CONTENT
OF SUGAR BEET UNDER THE CONDITIONS OF TEMPERATE-ARID FOREST-OUTLIER STEPPE
OF THE ALTAI REGION**

Ключевые слова: сахарная свекла, урожайность, сахаристость, подвижные элементы питания, минеральные удобрения, черноземы выщелоченные.

Исследования, проведенные в условиях умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края, дают основание заключить, что при формировании относительно влажных условий вегетационных периодов увеличение содержания нитратного азота в черноземах выщелоченных наблюдается к середине вегетации, к осени его содержание в почве резко снижается. Мобилизация подвижного фосфора и обменного калия по Чир-

кову имеет высокие значения как в середине, так и в конце вегетации. Вносимые удобрения в целом не меняют характера динамики подвижных элементов питания в почве, но повышают их содержание. Анализ данных информационно-логического анализа показал, что содержание в почве нитратного азота на урожайность корнеплодов сахарной свеклы в большей степени проявляется в критическую по питанию фазу вегетации – смыкание листьев в междурядьях. На первом месте, из доступных элементов питания, по влиянию на урожай корнеплодов в это время стоит нитратный азот, затем следуют подвижный фосфор, далее – обменный калий. Содержание

подвижного фосфора в почве оказывает значительное влияние как в начальный период вегетации культуры, так и в конце вегетационного периода, в фазу максимального прироста корнеплода, влияние обменного калия сдвигается на конец вегетации. Уровень сахаристости корнеплодов сахарной свеклы в значительной степени обусловлен содержанием в почве подвижного фосфора и обменного калия, при этом определяющим явилось влияние фосфора в критический период питания сахарной свеклы.

Keywords: *sugar beet, yielding capacity, sugar content, mobile nutrients, mineral fertilizers, leached chernozems.*

The research conducted under the conditions of the temperate-arid forest-outlier steppe of the Altai Region enables drawing a conclusion that at the formation of relatively moist conditions of the growing seasons the increase of nitrate nitrogen content in the leached chernozem is observed by the middle of the growing season; by the autumn its content in the soil decreases dramatically. The mobilization of

mobile phosphorus and exchange potassium by Chirikov has high values both in the middle and at the end of the growing season. Generally, the applied fertilizers do not change the pattern of the dynamics of mobile nutrients in the soil but increase their content. The analysis of the data of information and logical analysis has shown that the effect of the content of nitrate nitrogen in the soil on the yield of sugar beet is more noticeable at the critical phase of growing season in term of nutrition – closing of leaves above the inter-row space. Among the available nutrients, nitrate nitrogen is the first in terms of the effect on root yield, followed by mobile phosphorus and exchangeable potassium. The soil content of mobile phosphorus produces a significant impact both during the starting period of the growing season and at the end of the growing season at the phase of maximum root growth; the effect of exchange potassium is shifted to the end of the growing season. The level of sugar content of sugar beet is largely determined by the soil content of mobile phosphorus and exchangeable potassium; the effect of phosphorus at the critical period of sugar beet nutrition was the determining one.

Морковкин Геннадий Геннадьевич, д.с.-х.н., проф., зав. каф. почвоведения и агрохимии, проректор по научной работе, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-89. E-mail: ggmork@mail.ru.

Ярцев Михаил Васильевич, аспирант, каф. почвоведения и агрохимии, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: ggmork@mail.ru.

Morkovkin Gennadiy Gennadyevich, Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Vice-Rector for Scientific Activities, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-89. E-mail: ggmork@mail.ru.

Yartsev Mikhail Vasilyevich, Post-Graduate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Altai State Agricultural University. E-mail: ggmork@mail.ru.

Введение

Сахарная свекла предъявляет высокие требования к уровню минерального питания. В среднем на 10 т корней (при соответствующем количестве ботвы) она выносит 50-60 кг N, 15-20 кг P₂O₅ и 60-90 кг K₂O [1]. Сахарная свекла наиболее интенсивно потребляет питательные вещества до начала августа (примерно 70% от максимального количества). К этому времени формируется более 60% сухого вещества ботвы и 1/3 корня. Остальные 30% элементов питания поступают в последующие 1,5 мес., когда происходит основной прирост урожая корней. Критический период питания сахарной свеклы отмечается в начальный период формирования ботвы (в среднем, во вторую половину июня). За эти 2 недели растения потребляют 25-30% питательных веществ.

Вносимые минеральные удобрения по-разному влияют на сахаристость корней сахарной свеклы. Как отмечает Е.А. Тонкаль с соавторами, основной причиной снижения содержания сахара в корнеплодах свеклы являются повышенные дозы азота [2]. Согласно обобщенным данным, этот элемент питания обуславливает повышение урожая корнеплодов на 37-50 ц/га, или на 8-12% от фосфорно-калийного фона, но снижает содержание сахара на 0,3-0,7%. По данным

И.А. Геллер, Ж.И. Николаенко [3], избыток азота, вызывающий усиленный рост листьев свеклы, и недостаток фосфора, при котором замедляется процесс физиологического созревания сахарной свеклы, приводят к значительному снижению ее сахаристости.

Фосфор, наоборот, способствует снижению содержания «вредного» азота, повышению сахаристости корнеплодов, улучшению их технологических качеств и резкому повышению урожая. Калий положительно влияет на урожай корнеплодов и особенно на содержание сахара, повышая его на 0,2-0,7% [2].

В связи с вышеизложенным целью исследований явилось выявление закономерностей динамики подвижных элементов питания в почве на фоне вносимых минеральных удобрений и их влияния на показатели продуктивности сахарной свеклы в условиях умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в 2013-2014 гг. на полях ООО «Ярцево» Калманского района Алтайского края в условиях умеренно-засушливой колочной степи в перспективном звене севооборота: пар чистый – сахарная свекла – яровая пшеница.

Объектами исследования являются черноземы выщелоченные среднемощные малогумусные среднесуглинистые при внесении разных норм минеральных удобрений под сахарную свеклу. В схему опыта по внесению минеральных удобрений были включены следующие варианты:

1. Контроль.
2. Листовая подкормка Боро-Н (2 л/га).
3. Боро-Н + $N_{135}P_{140}K_{340}$ (расчетная норма на получение урожая корней сахарной свеклы 40 т/га).
4. Боро-Н + $N_{270}P_{280}K_{680}$ (двойная норма удобрений).
5. Боро-Н + $N_{68}P_{70}K_{170}$ (половинная норма удобрений).

В исследованиях использовали гибриды сахарной свеклы: Люба, Светлана, Дубравка. Площадь каждой опытной делянки составляла 24,75 м², размещение вариантов опыта систематическое в 3-кратной повторности. Учёт урожая проводили в 9-кратной повторности.

Исследования включали полевые и лабораторные методы. В течение вегетационных периодов в наиболее ответственные фазы роста и развития сахарной свеклы проводили отбор почвенных и растительных образцов для аналитической обработки. Почвенные образцы отбирали до посева, в фазу смыкания листьев в междурядьях, перед уборкой.

Аналитическое определение содержания подвижных элементов питания в почве общепринятыми осуществляли методами [4]: нитратный азот – колориметрическим методом с дисульфобензоевой кислотой, подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову. Сахаристость корней сахарной свеклы устанавливали на поляриметре [5].

Математическая обработка результатов исследований проведена с использованием дисперсионного и информационно-логического видов анализов по Б.А. Доспехову [6] и

Ю.Т. Пузаченко, А.В. Мошкину [7] с разработкой специального пакета программ на персональном компьютере.

Результаты исследований

Содержание подвижных элементов питания в почве во многом зависит от складывающихся гидротермических условий, которые в годы исследований имели незначительные различия (табл. 1). Начало вегетационных периодов по сумме активных температур было несколько ниже среднемноголетних показателей (598,2 и 654,3°С в 2013 и 2014 гг., соответственно, при норме 764°С), также в эти годы меньше выпало осадков за весенний период с температурой более 10°С, вследствие чего гидротермический коэффициент (ГТК1) был равен значениям 0,60 и 0,90, что свидетельствует о более засушливом периоде начала вегетации по сравнению со среднемноголетними данными. В июле-августе 2013 г. и в июле-сентябре 2014 г. осадков выпало значительно больше среднемноголетних значений. В целом, вегетационные периоды лет исследований характеризовались как достаточно увлажненные и относительно прохладные (ГТК2 составил 1,14 и 1,28).

Содержание нитратного азота в почве по вариантам внесения удобрений в среднем по гибридам сахарной свеклы представлено в таблице 2. Исходя из индексов обеспеченности растений нитратным азотом по Г.П. Гамзикову [8], где содержание нитратного азота < 10 мг/кг почвы свидетельствует об очень низкой обеспеченности, 10-15 мг/кг – низкой, 15-20 мг/кг – средней и > 20 мг/кг – высокой, почвы опытного участка на контрольном варианте и по варианту листовой подкормки Боро-Н (2 л/га) во время вегетации в оба года имеют в основном очень низкую обеспеченность нитратным азотом.

Таблица 1

Метеорологические условия лет исследований (по данным метеостанции г. Барнаула)

Показатели	Месяцы									
	V		VI		VII		VIII		IX	
	Н	Ф	Н	Ф	Н	Ф	Н	Ф	Н	Ф
Осадки, мм	37,0	<u>77,8</u> 49,3	49,0	<u>23,0</u> 22,4	67,0	<u>99,4</u> 107,6	52,0	<u>64,4</u> 62,8	54,0	<u>50,0</u> 69,0
Среднемесячная температура воздуха, °С	10,7	<u>9,9</u> 11,0	16,6	<u>15,8</u> 18,0	19,3	<u>19,2</u> 20,1	16,4	<u>18,2</u> 18,2	16,4	<u>10,1</u> 16,5
ГТК ₁ (V-VI) Н	0,98									
ГТК ₁ (V-VI) Ф	0,60 1,14									
ГТК ₂ (V-IX) Н	0,98									
ГТК ₂ (V-IX) Ф	0,90 1,28									

Примечание. Н – среднемноголетнее значение показателя; Ф – фактическое значение показателя за 2013 и 2014 гг., в числителе – 2013 г., знаменателе – 2014 г.

Динамика нитратного азота в течение вегетационных периодов сахарной свеклы имеет общую закономерность по годам исследований и связана с изменением гидротермических условий. Более высокое его содержание отмечается в фазу смыкания листьев в междурядьях.

В это время создавались благоприятные условия для протекания процесса нитрификации: относительно высокая влажность почвы и высокие температуры. Как отмечает А.Е. Возбуцкая, наибольшее количество нитратов накапливается в нейтральных почвах при влажности 50-60% от полной влагоемкости и повышенных температурах [9]. На усиление процесса нитрификации при повышении температуры указывает Г.П. Гамзиков [8].

К уборке наблюдалось резкое снижение содержания нитратного азота в почве до уровня очень низкой обеспеченности, и лишь на варианте внесения двойной нормы удобрений содержание нитратного азота было от высокого до среднего уровня обеспеченности, по годам исследований. Л.М. Бурлакова, И.М. Анненко, И.М. Николаева отмечают, что в черноземах выщелоченных колючей степи Алтайского края содержание азота нитратов возрастает от ранней весны к концу мая – началу июня, затем снижается ко времени уборки урожая сельскохозяйственных культур и снова увеличивается в послеуборочный период [10, 11]. Вносимые удобрения не изменили характера динамики нитратного азота в почве, но повысили его содержание.

Отмеченные закономерности динамики нитратного азота обусловлены как процессом их мобилизации при разложении органического вещества, так и поглощением элементов питания развивающимися растениями.

Содержание подвижных фосфатов в почве, определяемых по методу Чирикова в течение вегетационных периодов лет исследований, представлено в таблице 3.

По методу Чирикова (вытяжка 0,5 нормальным раствором уксусной кислоты) из почвы извлекаются фосфаты, которые можно рассматривать как потенциальный запас доступного фосфора [12]. Ю.И. Берхин, Е.Г. Чагина [13] установили, что для почв Западной Сибири оптимальное содержание P_2O_5 по Чирикову колеблется в очень широких пределах – от 6 до 24 мг на 100 г почвы.

По уточненной градации для Алтайского края для проведения настоящих опытов по обеспеченности растений фосфором по Чирикову выделяется 5 классов: очень низкая обеспеченность – при содержании менее 7 мг/100 г почвы, низкая – 7-14, средняя – 14-20, повышенная – 20-26, высокая – более 26 мг/100 г почвы [14].

В начале вегетации по всем вариантам опыта обеспеченность фосфором по Чирикову была низкой, в середине и конце вегетации – высокой. Вносимые минеральные удобрения оказали значительное влияние на повышение обеспеченности почв фосфором. Высокое содержание подвижного фосфора во второй половине вегетации обусловлено повышенной влагообеспеченностью почв.

Таблица 2

Содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном под сахарной свеклой по периодам вегетации в слое 0-20 см, мг/кг почвы

Вариант	2013 г.			2014 г.		
	1*	2*	3*	1*	2*	3*
1. Контроль	0,86	10,63	3,41	0,70	7,74	2,46
2. Боро-Н	1,47	11,15	4,23	1,24	8,32	2,84
3. Боро-Н + $N_{135}P_{140}K_{340}$	2,46	22,30	8,26	2,26	19,36	6,81
4. Боро-Н + $N_{270}P_{280}K_{680}$	3,46	40,61	32,26	3,27	31,82	18,20
5. Боро-Н + $N_{68}P_{70}K_{170}$	1,84	18,27	5,47	1,64	15,35	6,37

Примечание. Здесь и далее – периоды вегетации: 1* – до посева; 2* – смыкание листьев в междурядьях; 3* – перед уборкой.

Таблица 3

Содержание фосфора по Чирикову в черноземе выщелоченном под сахарной свеклой по периодам вегетации в слое 0-20 см, мг/кг почвы

Вариант	2013 г.			2014 г.		
	1*	2*	3*	1*	2*	3*
1. Контроль	6,65	32,34	26,48	5,77	25,64	20,48
2. Боро-Н	8,56	33,89	30,43	7,57	27,07	24,36
3. Боро-Н + $N_{135}P_{140}K_{340}$	11,66	56,41	43,54	10,69	49,58	37,55
4. Боро-Н + $N_{270}P_{280}K_{680}$	15,12	63,18	56,85	14,00	56,35	50,80
5. Боро-Н + $N_{68}P_{70}K_{170}$	9,84	49,02	35,22	8,90	42,15	29,15

Подвижные формы фосфора динамичны во времени. Так, наблюдается некоторое снижение содержания фосфора по Чирикову к уборке, когда происходит активное поглощение элементов питания сахарной свеклой. Л.М. Бурлакова отмечает, что содержание в черноземах фосфатов как более подвижных (по Францесону), так и менее подвижных (по Чирикову) уменьшается к концу вегетационного периода [12]. Вероятно, здесь сказывается не только вынос фосфатов растениями, но и изменение условий их мобилизации. Повышенное содержание подвижного фосфора в почве согласуется с увеличением содержания нитратного азота [15, 16].

Для оценки обеспеченности почв обменным калием по Чирикову пользуются градацией, включающей 6 классов: очень низкая обеспеченность – менее 2 мг/100 г почвы, низкая – 2-4, средняя – 4-8, повышенная – 8-12, высокая – 12-18, очень высокая – более 18 мг/ 100 г почвы [14].

Содержание обменного калия по Чирикову по вариантам опыта, за исключением весеннего периода на контроле, характеризовалось высокой и очень высокой обеспеченностью (табл. 4).

В динамике обменного калия в почве наблюдается более высокое его содержание в фазу смыкания листьев в междурядьях и последовательное снижение его содержания к уборке, что объясняется выносом, исключение составляет вариант внесения двойной нормы удобрений, где содержание обменного калия остается на стабильно высоком уровне до конца вегетации.

Минеральные удобрения оказали определяющее влияние на увеличение обеспеченности почв обменным калием.

Оценка влияния содержания подвижных элементов питания на урожайность и сахаристость корнеплодов сахарной свеклы в критический период питания сахарной свеклы и перед уборкой была проведена нами с помощью информационно-логического анализа [1, 7]. Метод основан на теории информации. Этот метод в почвенных и агрохимиче-

ских исследованиях успешно применен в ряде исследований [12, 17-19].

Степень связи между изучаемым явлением и каким-либо фактором или факторами определяется величиной общей информативности (Т) и коэффициентом эффективности каналов связи (К).

Общая информативность явлений А с фактором В есть

$$T_{A,B} = \sum_j p(b_j) * I(A/b_j),$$

где $p(b_j)$ – вероятность ранга b_j ;

$I(A/b_j)$ – количество информации, поступающей к А от фактора В.

Коэффициент эффективности канала связи, или эффективность передачи информации, рассчитывается по формуле:

$$K(A,B) = T(A,B) / H(B),$$

где $H(B)$ – величина, характеризующая количество неопределенности данного фактора В. Единицей неопределенности и информативности является «бит».

Общая информативность, коэффициенты эффективности канала связи (тесноты связи) между содержанием подвижных элементов питания в почве урожайностью корнеплодов и их сахаристостью по данным 2014 г. представлены в таблице 5.

Величины общей информативности и тесноты связи дают возможность сделать заключение о том, что влияние содержания в почве нитратного азота на урожайность корнеплодов сахарной свеклы в большей степени проявляется в критическую по питанию фазу смыкания листьев. На первом месте из доступных элементов питания по влиянию на урожай корнеплодов в это время стоит нитратный азот, затем следует подвижный фосфор, далее – обменный калий.

Влияние обменного калия сдвигается на конец вегетации, когда наблюдается возрастание тесноты связи и величины общей информативности между его содержанием и урожайностью корнеплодов. Содержание подвижного фосфора в почве оказывает значительное влияние как в начальный период вегетации культуры, так и в конце вегетационного периода, в фазу максимального прироста корнеплода.

Таблица 4

Содержание обменного калия по Чирикову в черноземе выщелоченном под сахарной свеклой по периодам вегетации в слое 0-20 см, мг/кг почвы

Вариант	2013 г.			2014 г.		
	1*	2*	3*	1*	2*	3*
1. Контроль	10,80	24,18	19,13	5,54	17,36	13,44
2. Боро-Н	19,01	24,37	24,68	13,77	17,60	18,98
3. Боро-Н + N ₁₃₅ P ₁₄₀ K ₃₄₀	29,15	61,51	50,85	23,84	54,76	45,05
4. Боро-Н + N ₂₇₀ P ₂₈₀ K ₆₈₀	56,94	73,73	75,46	51,53	66,81	69,70
5. Боро-Н + N ₆₈ P ₇₀ K ₁₇₀	24,30	52,97	36,72	19,01	46,06	30,99

Таблица 5

Общая информативность (Т) и коэффициент эффективности канала связи (К) между содержанием элементов питания в почве, урожайностью и сахаристостью корнеплодов сахарной свеклы, бит

Элементы питания	Смыкание листьев		Перед уборкой	
	Т	К	Т	К
Урожайность.				
N-NO ₃	0,9432	0,5901	0,5212	0,3178
P ₂ O ₅	0,8344	0,4316	0,8530	0,4749
K ₂ O	0,5344	0,3501	1,1929	0,6310
Сахаристость				
N-NO ₃	0,4307	0,2598	0,6018	0,3778
P ₂ O ₅	0,7808	0,4288	0,6674	0,3536
K ₂ O	0,6749	0,4540	0,6674	0,3536

Таблица 6

Урожайность корнеплодов сахарной свеклы по каждому значению содержания подвижных элементов питания (по специфичным состояниям)

N/NO ₃ , мг/кг	Урожайность		P ₂ O ₅ , мг/100 г	Урожайность		K ₂ O, мг/100 г	Урожайность	
	т/га	ранг		т/га	ранг		т/га	ранг
Смыкание листьев в междурядьях								
< 10	30-34	1-2	< 32	30-34	1-2	< 20	30-34	1-2
10-20	36-38	4	32-45	34-38	3-4	20-40	34-38	3-4
20-30	38-40	5	45-52	38-42	5-6	40-60	36-40	4-5
> 30	34-38	3-4	> 52	40-42	6	> 60	36-40	4-5
Перед уборкой								
< 4	34-36	3	< 25	30-34	1-2	< 20	30-32	1
4-6	38-42	5-6	25-35	34-38	3-4	20-40	32-36	2-3
6-10	40-42	6	35-45	40-42	6	40-60	36-38	4
> 10	36-42	4-6	> 45	38-42	5-6	> 60	36-40	4-5

Оценка влияния содержания подвижных элементов питания на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы показала, что в целом уровень сахаристости корнеплодов сахарной свеклы в значительной мере обусловлен содержанием в почве подвижного фосфора и обменного калия, при этом определяющим было влияние фосфора в критический период питания сахарной свеклы.

Информационно-логический анализ позволяет не только определить степень тесноты связи между изучаемыми факторами, но и выявить характер зависимости между ними, определить наиболее вероятные значения состояния изучаемого фактора.

Для этого значения содержания элементов питания в почве нами были сгруппированы по рангам, также были проранжированы данные по урожайности и сахаристости корнеплодов. В результате были установлены специфичные (наиболее вероятные) состояния урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы по каждому ранговому интервалу содержания подвижных элементов питания в почве (табл. 6, 7). С помощью специфичных значений урожайности можно определить оптимальные параметры каждого изучаемого фактора.

Исходя из приведенных расчетов можно заключить, что получение максимальной урожайности корнеплодов сахарной свеклы

в относительно увлажненные годы (ГТК2 1,14-1,28) в условиях умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края на черноземах выщелоченных возможно, если сформируются условия, при которых содержание в почве в фазу смыкания листьев в междурядьях N/NO₃ – 20-30 мг/кг, P₂O_{5(Чир)} – > 52 мг/100 г, K₂O – 40-80 мг/100 г; перед уборкой корнеплодов оптимальные параметры содержания элементов питания: N/NO₃ – 6-10 мг/кг, P₂O_{5(Чир)} – 35-45 мг/100 г, K₂O – 60-80 мг/100 г.

Для получения максимальной сахаристости корнеплодов сахарной свеклы необходимо, чтобы в почве содержание нитратного азота в середине вегетации было на уровне от низкой до средней обеспеченности растений в данном элементе питания (N/NO₃ – 10-20 мг/кг), а к уборке – оптимально, на уровне очень низкой обеспеченности (табл. 7). Высокое содержание нитратного азота в почве ведет к снижению уровня сахаристости корнеплодов сахарной свеклы.

Содержание подвижного фосфора по Чирикову как в середине, так и в конце вегетации, в сложившихся условиях, оптимально на уровне 45-52 мг/100 г почвы. Максимальная сахаристость корнеплодов сахарной свеклы формируется при очень высокой обеспеченности растений обменным калием.

Сахаристость корнеплодов сахарной свеклы по каждому значению содержания подвижных элементов питания (по специфичным состояниям)

N/NO ₃ , мг/кг	Сахаристость		P ₂ O ₅ , мг/100 г	Сахаристость		K ₂ O, мг/100 г	Сахаристость	
	%	ранг		%	ранг		%	ранг
Смыкание листьев в междурядьях								
< 10	16,4-16,6	2	< 32	16,2-16,6	1-2	< 20	16,2-16,6	1-2
10-20	16,8-17,2	4-5	32-45	16,6-17,0	3-4	20-40	16,8-17,0	4
20-30	16,6-17,0	3-4	45-52	16,8-17,2	4-5	40-60	16,8-17,2	4-5
> 30	16,6-17,0	3-4	> 52	16,6-17,0	3-4	> 60	16,8-17,2	4-5
Перед уборкой								
< 4	16,4-16,6	2	< 32	16,2-16,6	1-2	< 20	16,2-16,4	1
4-6	16,8-17,2	4-5	32-45	16,6-17,0	3-4	20-40	16,6-17,0	3-4
6-10	16,8-17,0	4	45-52	16,8-17,2	4-5	40-60	16,8-17,2	4-5
> 10	16,8-17,0	4	> 52	16,8-17,0	4	> 60	16,8-17,0	4

Выводы

Таким образом, исследования, проведенные в условиях умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края, дают основание заключить, что при формировании относительно влажных условий вегетационных периодов увеличение содержания нитратного азота в черноземах выщелоченных наблюдается к середине вегетации, к осени – резко снижается. Мобилизация подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову имеет высокие значения как в середине, так и в конце вегетации. Вносимые удобрения в целом не меняют характера динамики подвижных элементов питания в почве, но повышают их содержание.

Анализ данных информационно-логического анализа показывает, что влияние содержания в почве нитратного азота на урожайность корнеплодов сахарной свеклы в большей степени проявляется в критическую по питанию фазу вегетации – смыкание листьев в междурядьях. На первом месте, из доступных элементов питания, по влиянию на урожай корнеплодов в это время стоит нитратный азот, затем следует подвижный фосфор, далее – обменный калий. Содержание подвижного фосфора в почве оказывает значительное влияние как в начальный период вегетации культуры, так и в конце вегетационного периода, в фазу максимального прироста корнеплода, влияние обменного калия сдвигается на конец вегетации.

Уровень сахаристости корнеплодов сахарной свеклы в значительной степени обусловлен содержанием в почве подвижного фосфора и обменного калия, при этом определяющим явилось влияние фосфора в критический период питания сахарной свеклы.

Библиографический список

1. Агрохимия / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др.; под ред. Б.А. Ягодина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
2. Тонкаль Е.А., Ешелкина В.И., Зубченко Т.С., Охмакевич В.С., Виноградова Л.С.

Применение повышенных доз минеральных удобрений и пути устранения отрицательного их действия на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы // Повышение сахаристости и технологических качеств сахарной свеклы: сб. науч. тр. – Киев: Изд-во ВНИС, 1979. – С. 75-79.

3. Геллер И.А. Николаенко Ж.И. Влияние почвенного покрова на сахаристость сахарной свеклы // Повышение сахаристости и технологических качеств сахарной свеклы: сб. науч. тр. – Киев: Изд-во ВНИС, 1979. – С. 27-31.

4. Аринушкина В.А. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.

5. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.

7. Пузаченко Ю.Т., Мошкин А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. Сер. мед. география / ВИНТИ. – М., 1969. – Вып. 3. – С. 5-71.

8. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 267 с.

9. Возбуцкая А.Е. Химия почвы. – М.: Высшая школа, 1968. – 427 с.

10. Бурлакова Л.М., Анненко И.М. Накопление азота нитратов в профиле чернозема выщелоченного под кукурузой и пшеницей // Тр. Алт. с.-х. ин-та. – Барнаул, 1968. – Вып. 14. – С. 301-309.

11. Николаева И.М. Режим минеральных форм азота в выщелоченных черноземах колочной степи и типичной лесостепи Алтайского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 1973. – 20 с.

12. Бурлакова Л.М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука, 1984. – 198 с.

13. Берхин Ю.И., Чагина Е.Г. Установление оптимального уровня содержания подвижного фосфора в почве и затраты удобрений для его достижения // *Агрохимия*. – 1982. – № 11. – С. 49-55.

14. Антонова О.И., Бурлакова Л.М., Нестеров В.В., Островляничик М.Ф. Применение удобрений в Алтайском крае. – Барнаул: АСХИ, 1986. – 107 с.

15. Пономарева А.Т. Фосфатный режим почв и фосфорные удобрения. – Алма-Ата, 1970. – 165 с.

16. Нестеров Г.И., Бабич З.Н. Содержание элементов питания в черноземе типичном при различных системах его обработки // Тез. докл. 8-го Всесоюз. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – Кн. 3. – С. 198.

17. Карпачевский Л.О. Изменчивость свойств почв в зависимости от структуры биогеоценоза // Почвенные комбинации и их генезис. – М.: Наука, 1972. – С. 138-149.

18. Рассыпнов В.А. Почвенно-климатические факторы урожайности и моделирование эффективного плодородия в агроценозах: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Новосибирск, 1993. – 32 с.

19. Морковкин Г.Г. Антропогенная трансформация почвообразования и плодородия чернозёмов в системе агроценозов (на примере степной зоны Алтайского края): монография. – Барнаул: РИО АГАУ, 2012. – 271 с.

References

1. *Agrokhimiya* / В.А. Ягодин, Р.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др.; под ред. В.А. Ягодина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Agropromizdat, 1989. – 639 с.

2. Tonkal' E.A., Eshelkina V.I., Zubchenko T.S., Okhmakevich V.S., Vinogradova L.S. *Primenenie povyshennykh doz mineral'nykh udobrenii i puti ustraneniya otritsatel'nogo ikh deistviya na sakharistost' korneplodov sakharnoi svekly* // *Povyshenie sakharistosti i tekhnologicheskikh kachestv sakharnoi svekly: sb. nauch. tr.* – Kiev: Izd-vo VNIS, 1979. – S. 75-79.

3. Geller I.A., Nikolaenko Zh.I. *Vliyanie pochvennogo pokrova na sakharistost' sakharnoi svekly* // *Povyshenie sakharistosti i tekhnologicheskikh kachestv sakharnoi svekly: sb. nauch. tr.* – Kiev: Izd-vo VNIS, 1979. – S. 27-31.

4. Arinushkina V.A. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv.* – М.: Izd. MGU, 1970. – 487 с.

5. *Praktikum po agrokhimii* / pod red. V.G. Mineeva. – М.: Izd-vo MGU, 1989. – 304 с.

6. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. – М.: Kolos, 1979. – 416 с.

7. Puzachenko Yu.T., Moshkin A.V. *Informatsionno-logicheskii analiz v mediko-geograficheskikh issledovaniyakh* // *Itogi nauki. Ser. med. Geografiya* / VINITI. – М., 1969. – Вып. 3. – С. 5-71.

8. Gamzikov G.P. *Azot v zemledelii Zapadnoi Sibiri*. – М.: Nauka, 1981. – 267 с.

9. Vozbutskaya A.E. *Khimiya pochvy*. – М.: Vysshaya shkola, 1968. – 427 с.

10. Burlakova L.M., Annenko I.M. *Nakoplenie azota nitratov v profile chernozema vyshchelochennogo pod kukuruzoi i pshenitsej* // *Tr. Alt. s.-kh. in-ta*. – Barnaul, 1968. – Вып. 14. – С. 301-309.

11. Nikolaeva I.M. *Rezhim mineral'nykh form azota v vyshchelochennykh chernozemakh kolochnoi stepi i tipichnoi lesostepi Altaiskogo kraja: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk.* – Barnaul, 1973. – 20 с.

12. Burlakova L.M. *Plodorodie altaiskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza*. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 198 с.

13. Berkhin Yu.I., Chagina E.G. *Ustanovlenie optimal'nogo urovnya sodержaniya podvizhnogo fosfora v pochve i zatraty udobrenii dlya ego dostizheniya* // *Agrokhimiya*. – 1982. – № 11. – С. 49-55.

14. Antonova O.I., Burlakova L.M., Nesterov V.V., Ostrovlyanchik M.F. *Primenenie udobrenii v Altaiskom krae*. – Barnaul: ASKhl, 1986. – 107 с.

15. Ponomareva A.T. *Fosfatnyi rezhim pochv i fosfornye udobreniya*. – Alma-Ata, 1970. – 165 с.

16. Nesterov G.I., Babich Z.N. *Soderzhanie elementov pitaniya v chernozeme tipichnom pri razlichnykh sistemakh ego obrabotki* // Тез. докл. 8 Всесоюз. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – Кн. 3. – С. 198.

17. Карпачевский Л.О. *Изменчивость свойств почв в зависимости от структуры биогеоценоза* // *Почвенные комбинации и их генезис*. – М.: Наука, 1972. – С. 138-149.

18. Rassypnov V.A. *Pochvenno-klimaticheskie faktory urozhainosti i modelirovanie effektivnogo plodorodiya v agrotsenozakh: avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk.* – Novosibirsk, 1993. – 32 с.

19. Morokvkin G.G. *Antropogennaya transformatsiya pochvoobrazovaniya i plodorodiya chernozemov v sisteme agrotsenozov (na primere stepnoi zony Altaiskogo kraja): monografiya*. – Barnaul: RIO АГАУ, 2012. – 271 с.

