

УДК 635.21.581.19

Э. С. АВУНДЖЯН, Б. С. ХАЧАТРЯН

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ САХАРОВ В ЛИСТЬЯХ КАРТОФЕЛЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Изучалось влияние микроэлементов В, Мо, Мп, Zn, Со, Си на фоне полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на динамику накопления отдельных форм сахаров в листьях картофеля в онтогенезе. Качественный состав сахаров в листьях остается постоянным в течение всей вегетации. Различия в количественном содержании больше всего проявляются у сахарозы, глюкозы и фруктозы.

Вопрос о роли микроэлементов в образовании и накоплении сахаров, имеющий важное значение для лучшего понимания механизма биосинтеза крахмала в растениях, мало изучен. Нами [1] было показано, что микроэлементы вызывали снижение соотношения сахар/крахмал, что способствовало улучшению качества клубней. В настоящей статье приведены данные по влиянию различных микроэлементов на динамику накопления сахаров в листьях картофеля в онтогенезе.

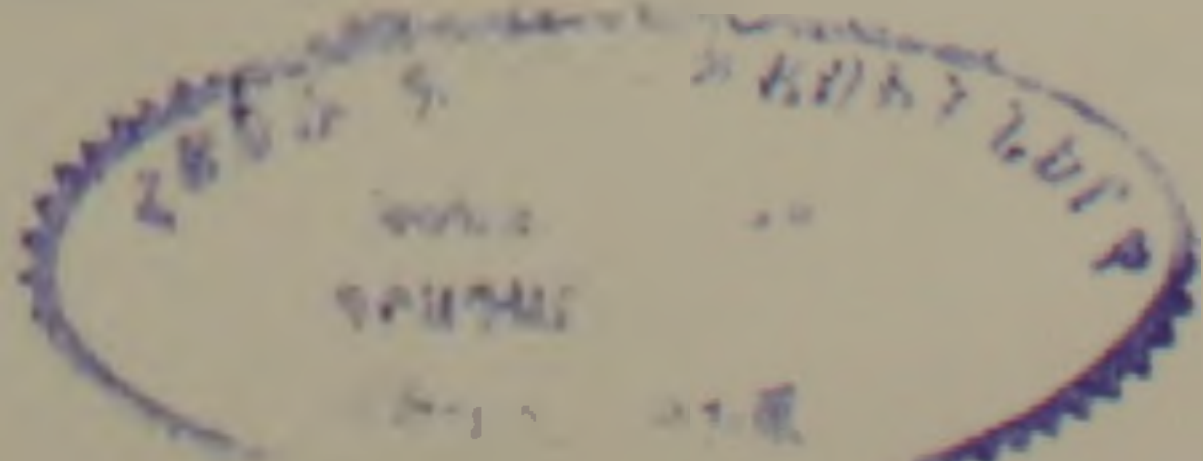
Материал и методика. Для анализов использовались листья средней части главных побегов, по литературным данным [8, 3], обладающие большей продолжительностью существования, повышенной энергией фотосинтеза, а также энергией оттока и в целом, по-видимому, более усиленным обменом веществ по сравнению с листьями других ярусов.

Полевые опыты закладывались на Эчмиадзинской базе Института земледелия МСХ АрмССР на старо-орошаемых полупустынных бескарбонатных почвах. Изучалась динамика распределения сахаров в различных органах картофеля в онтогенезе в связи с применением микроэлементов.

Учитывая, что микроэлементы более эффективны на фоне макроудобрений, в качестве фона вносилось полное минеральное удобрение $N_{90}P_{90}K_{90}$ в виде аммиачной селитры (34%), простого суперфосфата (P_2O_5 —18%) и калийной соли (K_2O —40%). Микроэлементы применялись в виде солей по 1,5 кг действующего начала на 1 га. Опыт имел несколько вариантов: неудобренный; фон— $N_{90}P_{90}K_{90}$ (кг/га); фон+бор (В); фон+молибден (Мо); фон+марганец (Мп); фон+цинк (Zn); фон+кобальт (Со); фон+медь (Си).

Образцы отбирались в сроки, соответствующие различным фазам вегетации: прорастания, бутонизации, начала цветения, полного цветения, периоду отмирания нижних листьев, периоду уборки клубней.

Сахара определялись в сухом материале методом распределительной хроматографии на бумаге. Разделение сахаров производилось нисходящим способом при четырехкратной разгонке. Для количественных определений проявленные кислым анилинфталатом пятна глюкозы и сахарозы вырезались и элюировались ледяной уксусной кислотой. Сравнение окрасок (против своего контроля) производилось на экстинкциометре Ogiou системы Jaganu Kovacs при длине волны 480 мμ или на фотоэлектрокалориметре (ФЭК-М). Определение фруктозы производилось отдельно методом Кулка. Полученные данные представлены в виде хроматограммы и графиков.



Результаты и обсуждение. Полученные данные показали, что листья картофеля сорта Лорх содержат большой набор сахаров, состоящий по крайней мере из 9 фракций: сахарозы, глюкозы, фруктозы, мальтозы, раффинозы, стахиозы, не менее чем из двух неидентифицированных олигосахаридов, а также двух производных кетоз с высокими значениями R_f , продвигающихся параллельно с фронтом растворителя (рис. 1).

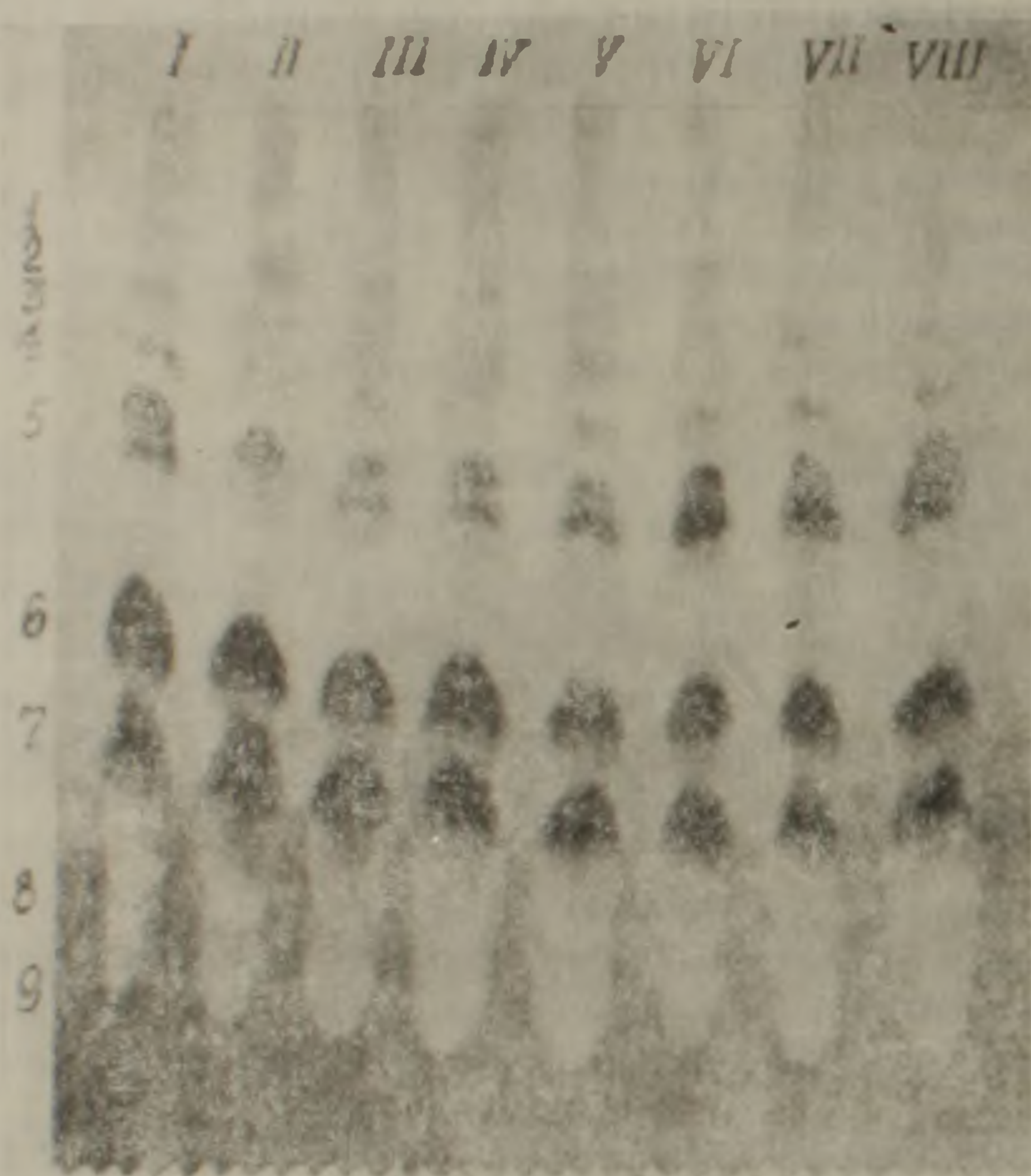


Рис. 1. Состав сахаров листьев картофеля в фазе полного цветения. I—неидентифицированные олигосахариды; 2—стахиоза; 3—раффиноза; 4—мальтоза; 5—сахароза; 6—глюкоза; 7—фруктоза; 8—пентозы (следы).

Варианты: I—неудобренный; II—фон $N_{90} P_{90} K_{90}$; III—фон + В; IV—фон + Мо; V—фон + Мп; VI—фон + Zn; VII—фон + Со; VIII—фон + Си.

Качественный состав сахаров листьев картофеля остается постоянным в течение всей вегетации и не меняется в связи с применением различных микроэлементов, за исключением одной из фракции кетоз, которая полностью исчезала или присутствовала в виде следов в некоторых фазах развития растений.

На хроматограммах, даже при визуальном сравнении разделенных пятен, обнаруживаются заметные различия в количественном содержании отдельных компонентов, особенно у сахарозы, глюкозы и фруктозы, составляющих главную массу сахаров картофеля. Количественное содержание остальных компонентов в течение вегетации меняется менее заметно.

Интерес к изучению механизма синтеза и превращений сахарозы вызван чрезвычайно широким распространением этого дисахарида в растениях, особенно в молодых растущих тканях, а также интенсивным ее образованием в процессе фотосинтеза. Сахароза является первым свободным нефосфорилированным сахаром, появляющимся в процессе фотосинтеза.

В листьях по мере роста и развития растений наблюдалось постепенное увеличение содержания сахарозы, причем минимальное ее количество составляло 0,27, а максимальное — 2,46% (рис. 2).

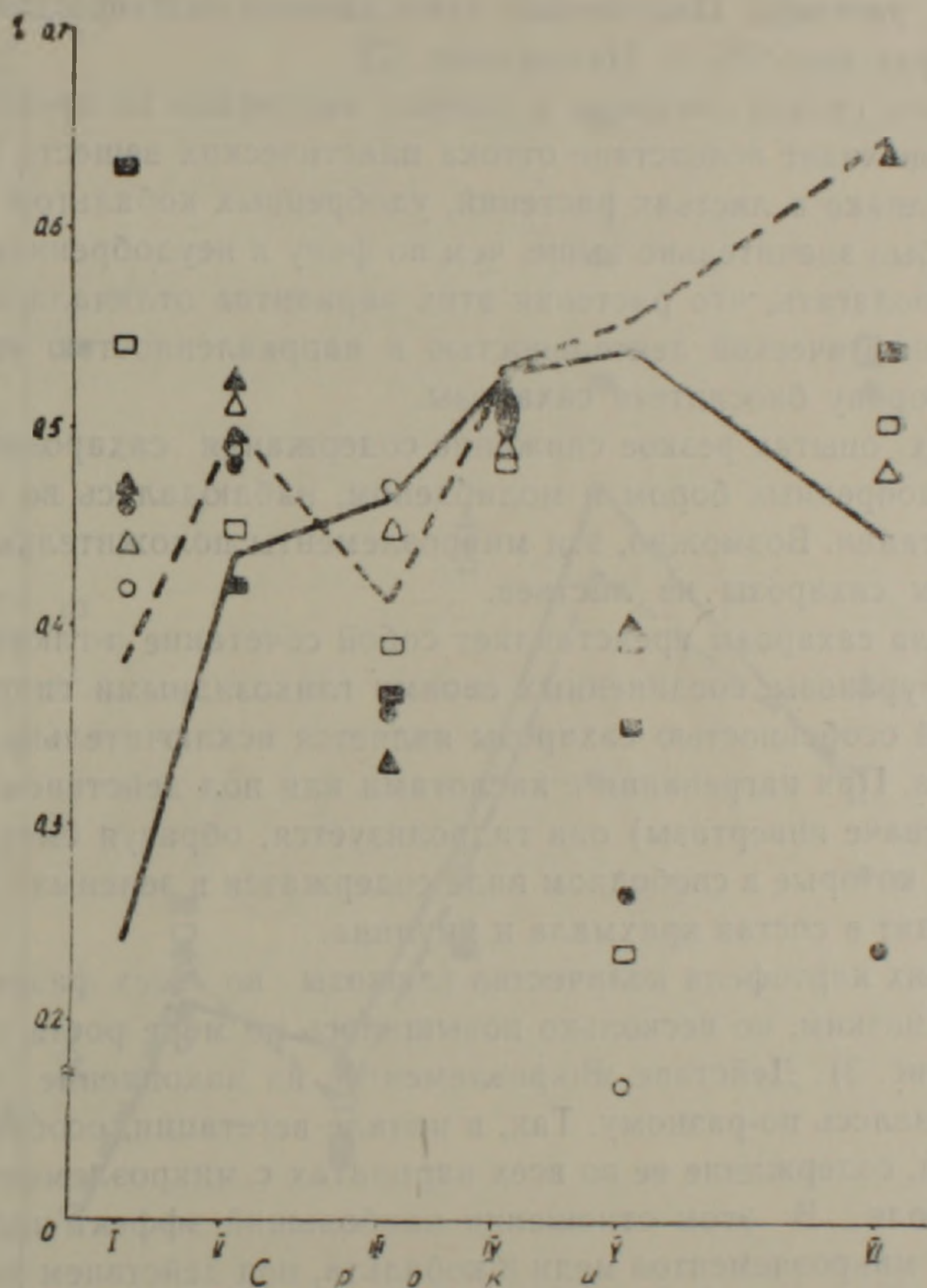


Рис. 2. Динамика накопления сахарозы в листьях картофеля по фазам развития. I—прорастание; II—бутонизация; III—начало цветения; IV—полное цветение; V—отмирание нижних листьев; VI—уборка клубней.

Условные знаки: — — — неуд.; — — — $N_{90}P_{90}K_{90}$ (фон); ○ — В; ● — Мо; △ — Мп; ▲ — Zn; □ — Со; ■ — Cu.

Отмечено крайне низкое содержание сахарозы в первой половине вегетации, за исключением вариантов с кобальтом и медью в фазе всходов. В период полного цветения (IV) и еще более в период отмирания нижних листьев (V) под действием некоторых микроэлементов оно зна-

чительно увеличилось. Особенно выделялись варианты с цинком, марганцем, молибденом и медью. Подобное явление наблюдалось также в опытах Марданова [5], Школьника и Абдурашитова [10], что, по-видимому, объясняется усилением синтеза углеводов.

Обращает на себя внимание тот факт, что максимальное накопление сахарозы совпадает с периодом отмирания нижних листьев (кроме вариантов с бором и молибденом) и может быть результатом снижения активности инвертазы в листьях картофеля в этот период развития. В период уборки клубней следует уменьшение содержания сахарозы в листьях опытных растений. Полученные нами данные подтверждают наблюдения Микульского [6] и Надежкина [7].

Снижение уровня сахарозы в листьях картофеля ко времени уборки клубней происходит вследствие оттока пластических веществ из листьев в клубни. Однако в листьях растений, удобренных кобальтом, медью и цинком, он был значительно выше, чем по фону и неудобренному варианту. Можно полагать, что растения этих вариантов отличались наиболее активной синтетической деятельностью и направленностью углеводного обмена в сторону биосинтеза сахарозы.

В наших опытах резкое снижение содержания сахарозы в листьях растений, удобренных бором и молибденом, наблюдалось во второй половине вегетации. Возможно, эти микроэлементы положительно действуют на отток сахарозы из листьев.

Молекула сахарозы представляет собой сочетание α -глюкопиранозы и β -фруктофуранозы, соединенных своими гликозидными гидроксилами. Характерной особенностью сахарозы является исключительная легкость ее гидролиза. При нагревании с кислотами или под действием фермента сахарозы (иначе инвертазы) она гидролизуется, образуя смесь глюкозы и фруктозы, которые в свободном виде содержатся в зеленых частях растений и входят в состав крахмала и инулина.

В листьях картофеля количество глюкозы во всех фазах развития было очень низким, но несколько повышалось по мере роста и развития растений (рис. 3). Действие микроэлементов на накопление глюкозы в листьях сказалось по-разному. Так, в начале вегетации, особенно в фазе прорастания, содержание ее во всех вариантах с микроэлементами было выше контроля. В этом отношении наибольший эффект получился от применения микроэлементов меди и кобальта, под действием которых количество глюкозы повысилось до 0,63 и 0,54% соответственно (контроль—0,24%). В последующие фазы развития растений в вариантах с микроэлементами оно было ниже контрольного, особенно в период отмирания нижних листьев. Так, под действием бора количество глюкозы снизилось до 0,17, кобальта—0,23, молибдена—0,26%, при 0,54% у контроля (фон).

Можно допустить, что снижение содержания глюкозы связано с усиленным клубнеобразованием, так как подобный эффект был получен Ганиюшкиной [2] в опытах с внесением микроэлементов в почву. К концу вегетации содержание глюкозы под действием некоторых микроэлементов

возросло до контрольного уровня и выше. Под действием цинка, например, оно повысилось до 0,65%, (контроль—0,45%).

Количество фруктозы в листьях картофеля по мере роста и развития растений претерпевало существенные изменения, уменьшаясь к периоду уборки клубней (рис. 4). Самые большие отклонения наблюдались в фазах всходов и полного цветения, а также в период отмирания нижних листьев. При внесении микроэлементов наблюдалась тенденция к снижению содержания фруктозы по сравнению с контрольным и удобрённым вариантами, более наглядная в первой половине вегетации. Ис-

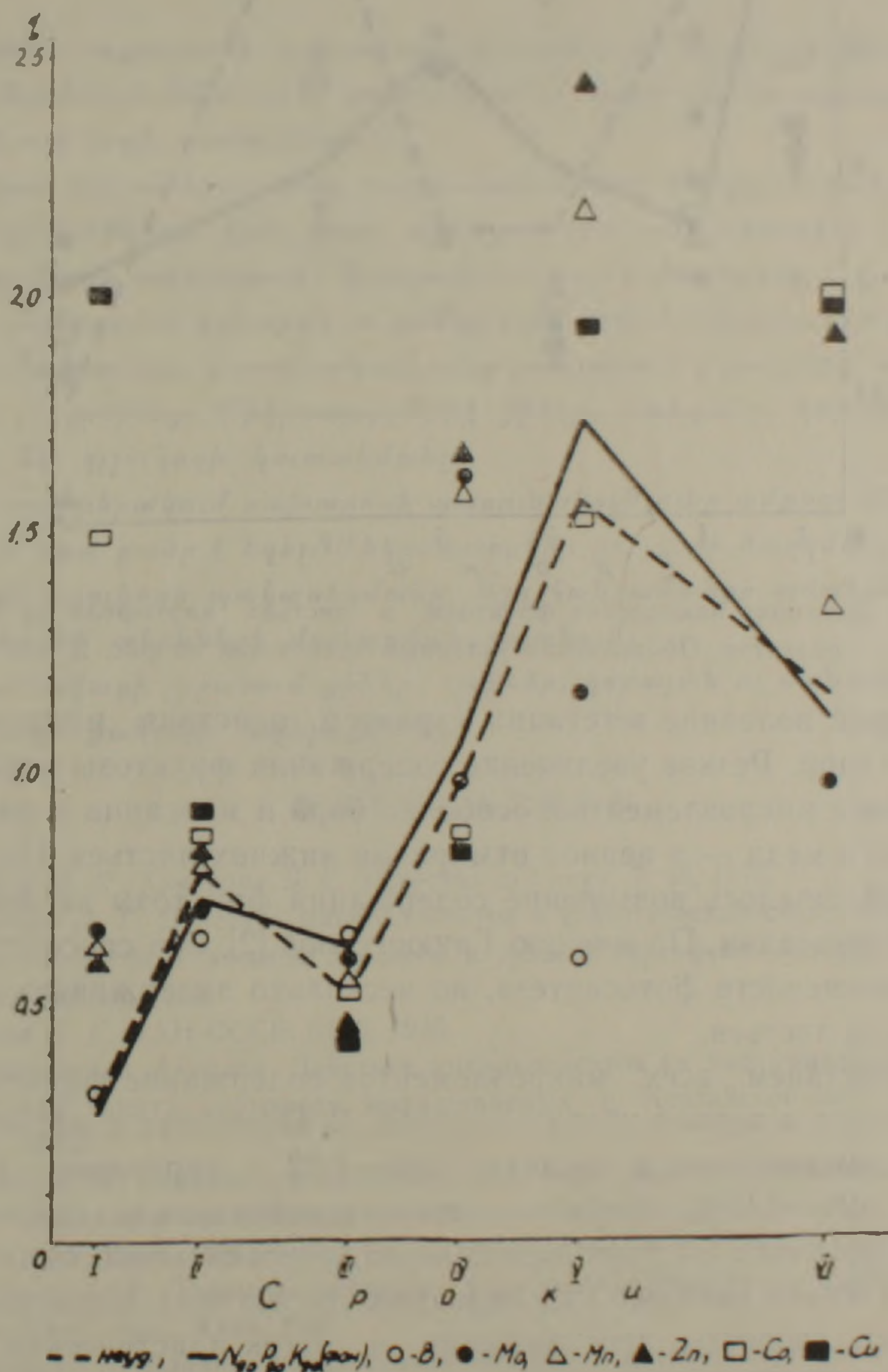


Рис. 3. Динамика накопления глюкозы в листьях картофеля по фазам развития. Обозначения условных знаков как на рис. 2

ключение составили варианты с внесением В, Zn и Си в фазе бутонизации.

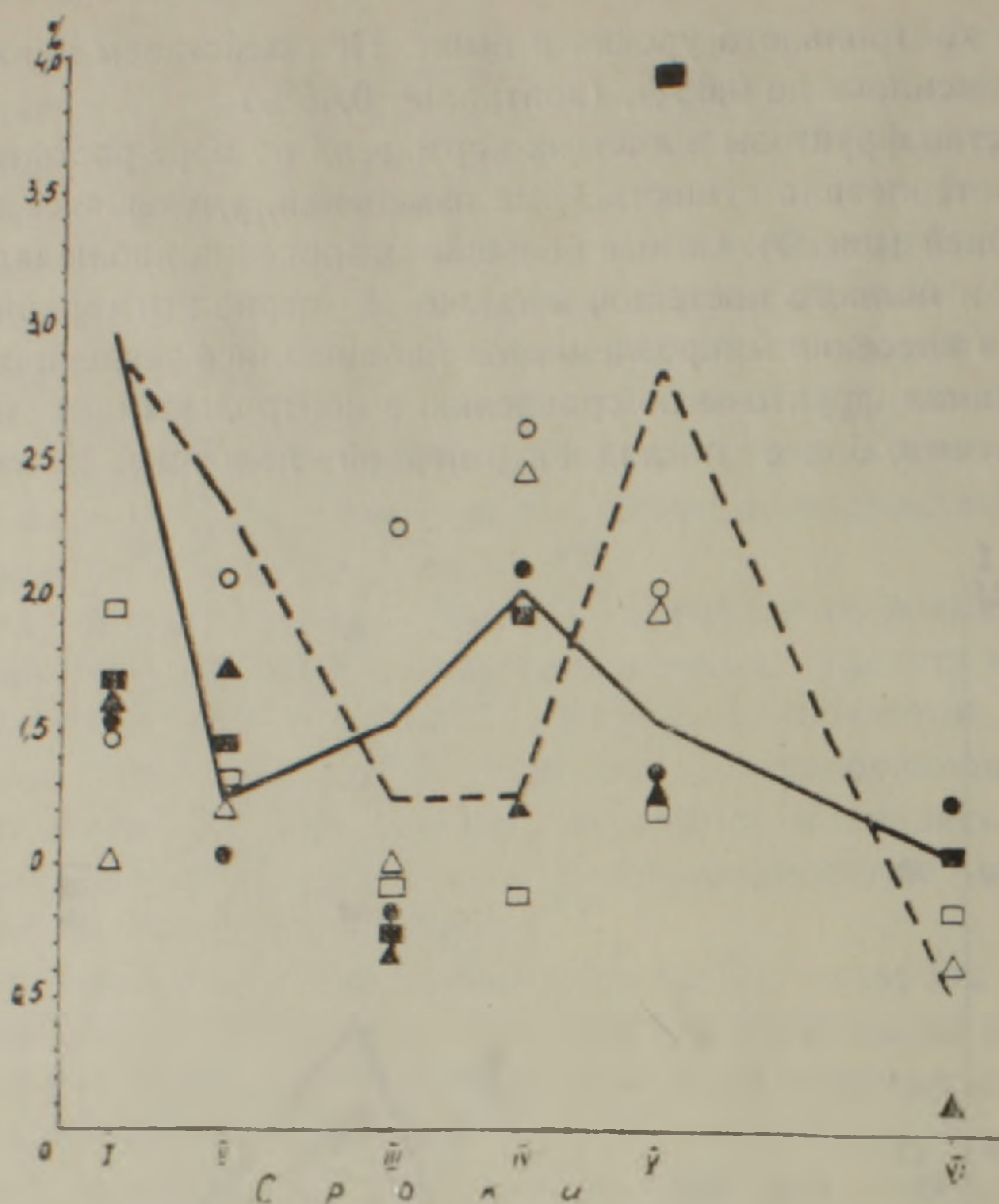


Рис. 4. Динамика накопления фруктозы в листьях картофеля по фазам развития. Обозначения условных знаков как на рис. 2.

Во второй половине вегетации характер действия микроэлементов несколько иной. Резкое увеличение содержания фруктозы наблюдалось под действием микроэлементов, особенно бора и марганца в фазе полного цветения, а меди — в период отмирания нижних листьев. Под влиянием бора наблюдалось повышение содержания фруктозы на протяжении почти всей вегетации. По мнению Ганюшкиной [2], бор способствует усилению интенсивности фотосинтеза, но несколько задерживает отток ассимилятов из листьев.

Под действием всех микроэлементов содержание фруктозы существенно падало в период уборки клубней. В вариантах с медью, например, оно уменьшилось в пределах 3,88—1,02, с марганцем—1,94—0,61, цинком — 1,22—0,12%. Кобальт и цинк способствовали снижению содержания фруктозы на протяжении всего вегетационного периода. Роль кобальта в жизни растений еще недостаточно изучена. Известно, что он увеличивает скорость передвижения и отток пластических веществ из листьев в другие органы в пшенице, клевере и картофеле [9]. Цинк способствует усиленному образованию и оттоку ассимилятов из листьев в клубни картофеля [4].

Է. Ս. ՀԱՎՈՒՆՋՅԱՆ, Բ. Ս. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՇԱՔԱՐՆԵՐԻ ԿՈՒՏԱԿՄԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱՆ ԿԱՐՏՈՖԻԼԻ ՏԵՐԵՎՆԵՐՈՒՄ ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՕՆՏՈԳԵՆԵԶԻ ԸՆԹԱՅՔՈՒՄ ԿԱՊՎԱԾ ՄԻԿՐՈՏԱՐՐԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում քրոմատոգրաֆիայի օգնությամբ ցույց է տրված, որ կարտոֆիլի Լորի սորտի տերևներում պարունակվում են շաքարների իններ ֆրակցիաներ:

Առանձին շաքարների պարունակություններում հայտնաբերվել են զգալի տարբերություններ: Ամենամեծ տատանումներ նկատվել են սախարոզի, գլյուկոզի և ֆրուկտոզի բանականներում:

Այս կամ այն միկրոտարրը յուրահատուկ ձևով է ազդում շաքարների կուտակման դինամիկայի վրա: Բորի ազդեցության տակ նկատվել է ֆրուկտոզի պարունակության ավելացում: Զարգացման բոլոր փուլերում և ամբողջ վեգետացիայի ընթացքում կոբալտն ու ցինկը նպաստել են ֆրուկտոզի բանակի նրվազելուն: Սախարոզի պարունակությունը ավելանում է բույսերի աճին ու զարգացմանը զուգընթաց: Միկրոտարրերից ցինկը, մանգանը, կոբալտը, պղինձը նպաստել են գլյուկոզի կուտակմանը:

Բորի տարբերակում սախարոզի պարունակությունը ամբողջ վեգետացիայի ընթացքում շատ ցածր է եղել: Միկրոտարրերը բույսերի ծաղկման փուլում նրպաստել են գլյուկոզի պակասեցմանը: Այդ հանգամանքը առանձնապես նկատելի է ներքևի տերևների մահացման շրջանում:

Բերրահավաքի շրջանում ցինկը, պղինձը, կոբալտն ու մանգանը նպաստել են գլյուկոզի բանակի ավելացմանը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Анунобян Э. С., Хачатрян Б. С. Известия с/х наук, 7, 45, 1973.
2. Ганюшкина Л. Г. Действие микроэлементов и синтетических стимуляторов роста на развитие, физиологические процессы и урожай картофеля. Автореф. канд. дисс., Петрозаводск, 1956.
3. Добрунов Л. Г. ДАН СССР, 54, 6, 1946.
4. Жанцандоржийн Амгалан. Действие микроэлементов на биохимические особенности и урожай томата, картофеля, выращиваемых в Хангайской зоне МНР. Канд. дисс., 1970.
5. Марданов А. А. Влияние микроэлементов на некоторые физиологические процессы, рост, развитие и урожайность томатов и картофеля. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, Баку, 1957.
6. Миккульский А. А. Динамика углеводов и азотистых веществ при созревании картофеля. Канд. дисс., Киев, 1947.
7. Надежкин С. Н. Влияние предпосевной обработки клубней картофеля микро- и макроэлементами на его семенные и хозяйственные качества. Канд. дисс., Уфа, 1969.
8. Нилова В. И. ДАН СССР, 22, 9, 1939.
9. Стеклова М. М. Тр. БИН, сер. IV, Экспер. ботаника, 16, 1963.
10. Шкальчик М. Я., Абдурашитов С. А. Физиология растений, 5, 1958.