

Таблица 4 – Влияние баковых смесей гербицидов послевсходового действия на качество льносырья (среднее, 2019–2020 гг.)

Вариант	Качество стланцевой тресты				Качество длинного трепаного волокна				
	выход длинного волокна, %	показатель цвета волокна	число процентно-номеров	номер	горстевая длина, см	цвет, группа	гибкость, мм	разрывная нагрузка, Н	номер
Контроль (без обработки)	20,4	1,6	174	1,50	59,0	2	39,5	184,0	9,5
Обработка при высоте льна-долгунца 3–4 см, падалицы озимого рапса – 2–4 настоящих листа									
Кортик, ВР, 0,9 л/га + Метулон, ВДГ, 8 г/га	21,3	1,6	177	1,50	62,5	2	38,0	218,5	11,0
Кортик, ВР, 0,9 л/га + Секатор турбо, МД, 0,05 л/га	21,4	1,6	178	1,50	63,5	2	36,0	214,0	11,0
Кортик, ВР, 0,9 л/га + Метулон, ВДГ, 8 г/га + Хакер, ВРГ, 0,12 кг/га	21,1	1,7	177	1,50	63,0	2	36,0	205,0	11,0
Кортик, ВР, 0,9 л/га + Секатор турбо, МД, 0,05 л/га + Хакер, ВРГ, 0,12 кг/га	20,9	1,7	175	1,50	63,0	2	38,5	204,0	11,0
Обработка при высоте льна-долгунца 7–10 см, падалицы озимого рапса – 6–8 настоящих листьев									
Кортик, ВР, 0,9 л/га + Метулон, ВДГ, 8 г/га	21,0	1,6	177	1,50	61,5	2	41,0	209,0	11,0
Кортик, ВР, 0,9 л/га + Секатор турбо, МД, 0,05 л/га	20,9	1,7	175	1,50	62,0	2	40,5	206,5	11,0

ет высокую гибель сорняков – на 97–98 %, однако по сравнению с применением двухкомпонентных смесей имеется тенденция к снижению урожайности семян (на 6–7 %) и тресты (на 3 %).

Литература

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / НПЦ НАН Беларуси по земледелию; Институт защиты растений; сост.: С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 58 с.
3. Треста льняная. Требования при заготовках. СТБ 1194–2007. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 12 с.
4. Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия. СТБ 1195–2008. – Введ. 01.11.2008. – Минск: Госстандарт РБ, 2008. – 18 с.

УДК 581.2:581.143:577.175.19

Образование вспучиваний на листовых пластинках картофеля в контролируемых условиях выращивания

Н. В. Балюк, младший научный сотрудник, Ж. Н. Калацкая, кандидат биологических наук, Н. А. Ламан, доктор биологических наук
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 11.01.2022)

Специфическим физиологическим нарушением, наблюдаемым на отдельных культурах, развивающихся в тепличных условиях, является развитие новообразований (вспучивание / отек; edema, oedema) на листьях или плодах. Оно может быть ошибочно принято за инфекционное заболевание или повреждение насекомыми. В статье приводятся результаты исследований, показывающие, что на фоне повышенной влажности воздуха и при обработке растений картофеля салициловой кислотой или метилжасмонатом наблюдается активное образование вспучиваний, повреждающих листья, которое сопровождается снижением фотосинтетической и ферментативной активности, увеличением содержания пролина более чем в 3 раза. Применение эпибрассинолида способствует снижению негативного действия образовавшихся вспучиваний при повышенной влажности, вызывая увеличение пероксидазной активности и умеренное повышение содержания пролина.

Development of neoplasms (intumescences / edema; oedema) on leaves or fruits is a specific physiological disorder observed in certain crops developing in greenhouse conditions. It can be mistaken for infectious disease or insect damage. The article presents the results of studies showing that against the background of increased air humidity and when potato plants are treated with salicylic acid or methyl jasmonate, there is an active formation of intumescences that damage the leaves and is accompanied by a decrease in photosynthetic and enzymatic activity and an increase in proline content by more than 3 times. The application of epibrassinolide favors reducing the negative effect of the resulting swelling at high humidity, causing an increase in peroxidase activity and a moderate increase in proline content.

Введение

Выращивание растений в защищенном грунте (в теплицах) становится все более распространенным в мировой практике. По данным ФАО, только на территории Европы теплицы занимают площадь 405 000 га. Клональное микроразмножение растений в культуре *in vitro*, широко используемая в настоящее время технология их вегетативного размножения, также осуществляется в условиях защищенного грунта. Причем получение высоких результатов при клональном микроразмножении в значительной степени лимитируется этапом адаптации растений к условиям *ex vitro* [1]. Главными факторами успешной акклиматизации являются: создание высокой влажности для надземной части растений с последующим ее понижением; оптимальная интенсивность света, температура и состав субстрата. Многие специалисты и исследователи с целью повышения эффективности адаптации растений к условиям *ex vitro*, ускорения их роста и развития, процессов цветения и плодообразования используют различные биологически активные соединения. Однако получение высококачественных регенерантов не всегда легкая задача, поскольку многие виды растений иногда реагируют на создаваемые оптимальные параметры окружающей среды аномальным ростом и развитием [2].

Одним из наиболее специфических физиологических нарушений, наблюдаемых на культурах, развивающихся в тепличных условиях, является развитие новообразований – вспучивание / отек (*edema*, *oedema*) на листовых пластинках. Такое физиологическое отклонение может быть ошибочно принято за инфекционное заболевание или повреждение насекомыми [3]. Существует предположение, что вспучивание / отек развивается в результате более быстрого поглощения воды листьями, чем скорость транспирации. Накапливающиеся вода и растворенные в ней вещества в эпидермальных тканях и паренхиме являются причиной образования вспучиваний [2, 4]. Другие факторы окружающей среды, включая качество освещения, также могут стимулировать или ингибировать образование вспучиваний [5–7]. Рост вспучиваний / отеков в основном вызван аномальным увеличением (гипертрофией) паренхимы или паренхимы и эпидермальных клеток, хотя сочетание гипертрофии и аномального деления (гиперплазии) этих клеток иногда наблюдаются у некоторых видов и сортов [3, 8, 9]. Развиваются отеки в основном на нижней стороне листьев с сопутствующими желтыми пятнами на верхней стороне листовой пластинки. После разрыва вспучиваний открытая поверхность может стать ржавого или коричневого цвета с пробковой текстурой. Пятна отеков, как правило, наносят незначительный ущерб растениям, но зачастую ухудшают их декоративные качества или внешний вид овощей, что делает их мало- или непригодными для продажи и может привести к экономическим потерям [10–12]. В тяжелых случаях гипертрофированные эпидермальные клетки разрываются, что сопровождается некрозом тканей и опадением листьев, а в конечном итоге – снижением продуктивности [13–16].

Целью нашей работы являлось изучение зависимости образования вспучиваний на листьях микроразмноженных растений картофеля, адаптирующихся в закрытом грунте, от влажности воздуха и применяемых иммуностимуляторов.

Материалы и методы исследований

Опыты проведены в контролируемых лабораторных условиях на микроразмноженных растениях картофеля сорта Бриз. Адаптацию растений-регенерантов осуществляли на почвогрунте на основе верхового торфа торговой марки «Грунт торфяной питательный Двина» (ТУ РБ 100219992.326-2004). Растения выращивали при освещенности 12 тыс. люкс, температуре 21 °С и влажности воздуха 70 %.

Адаптированные 2-недельные растения обрабатывали путем опрыскивания листовой поверхности различными иммуностимуляторами: метиловый эфир жасмоновой кислоты (МеЖ) – 1×10^{-7} моль/л; салициловая кислота (СК) – 1×10^{-6} моль/л; эпибрассинолид (ЭБ) – 1×10^{-6} моль/л.

Условия повышенной влажности для стимуляции ризогенеза у микроразмноженных создавали с помощью полиэтиленовых контейнеров через 3 суток после обработок иммуностимуляторами и продолжали в течение 5 суток.

Содержание пролина определяли по методу Bates с соавт. [17], общую активность растворимой пероксидазы – по Бояркину [18], используя в качестве хромогенного субстрата бензидин. Определение содержания фотосинтетических пигментов проводили по Lichtenthaler [19]. Флуоресценцию хлорофилла исследовали с помощью флуориметра CM 2203. Записывали спектры излучения в диапазоне длин волн от 600 до 780 нм при возбуждающем свете 450 нм. Вычисляли коэффициенты флуоресценции ω по формуле $\omega = F740 / F685$, где F740 и F685 – значения интенсивности флуоресценции хлорофилла в области 740 и 685 нм соответственно [20]. Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами [21]. На диаграммах представлены средние значения с отклонениями, указывающими величину стандартной ошибки средней.

Результаты исследований и их обсуждение

Обработки иммуномодуляторами способствовали формированию вспучиваний в условиях повышенной влажности воздуха. Вспучивания проявлялись через 3 суток после обработок в виде небольших бугристых выступов на поверхности листьев картофеля (рисунки 1, 2). При опрыскивании иммуностимуляторами СК и МеЖ наблюдалось сливание вспучиваний, что способствовало поражению большей части площади листа (контейнеры № 4 и № 5). После разрыва вспученных тканей открытая поверхность становилась ржаво-коричневого цвета с пробковой текстурой.

При выращивании растений в условиях повышенной влажности наблюдается изменение активности пероксидазы на 38,4 %. Опрыскивание растений эпибрассинолидом способствовало увеличению активности фермента на 82 % по отношению к контролю, что может быть связано с активной лигнификацией и адаптацией тканей растений к разрыву клеточных стенок вследствие формирования вспучиваний, так как в этом варианте наблюдалось минимальное количество данных новообразований. При использовании СК активность пероксидазы находилась на уровне контроля. Обработка листьев картофеля МеЖ снижала активность пероксидазы на 23,5 % по отношению к контролю, что коррелировало с максимальным поражением площади листьев картофеля (рисунок 3).

Во всех исследуемых вариантах наблюдалось повышение содержания пролина по отношению к контролю. Можно предположить, что пролин участвует в стабилизации мембран, поскольку образование вспучиваний сопровождается разрушением клеточной эпидермиса [22]. При опрыскивании листьев картофеля ЭБ наблюдалось увеличение накопления аминокислоты в 2 раза. Максимальное содержание пролина отмечено при обработке СК и МеЖ. Такой же эффект описан для проростков пшеницы, у которых обработка салициловой кислотой вызывала накопление пероксида водорода и повышение содержания пролина в листьях и корнях. Предполагают, что эффект повышения содержания

пролина, индуцируемый салициловой кислотой, может быть опосредован АФК, поскольку он угнетался обработкой проростков антиоксидантом ионолом [23]. Кроме того, в цитируемой работе показано, что в условиях продолжительного действия стрессора (хранение семян кукурузы в течение 7 суток при повышенной влажности и температуре с предварительной их обработкой плазмой высокочастотного разряда), уровень содержания пролина в корнях проростков кукурузы значительно возрастал, а общая пероксидазная активность снижалась, при этом всхожесть семян снижалась практически в 2 раза с одновременным значительным замедлением роста и развития выживших проростков [24].



Рисунок 1 – Образование вспучиваний на листьях картофеля в условиях повышенной влажности
Примечание – Вариант: 1 – контроль, 2 – повышенная влажность, 3 – ЭБ, 4 – СК, 5 – МеЖ.

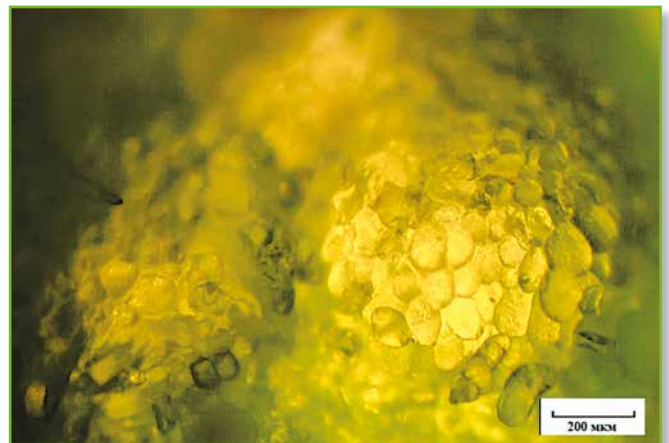


Рисунок 2 – Вспучивания на листьях картофеля

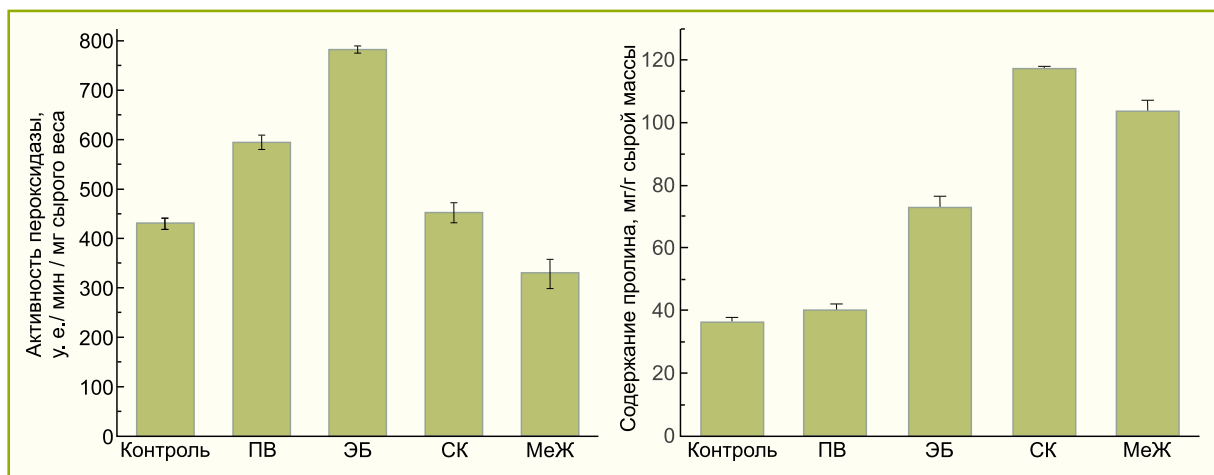


Рисунок 3 – Активность пероксидазы и накопление пролина при обработке иммуностимуляторами в условиях формирования вспучиваний

Таким образом, снижение ферментативной активности и значительное накопление пролина вероятно является следствием патологических процессов, вызванных комплексным действием повышенной влажности и салициловой кислоты или метилжасмоната, приводящих к гибели отдельных листьев растений, о чем также свидетельствует угнетение функционирования фотосинтетической системы. Так, при обработке растений иммуностимуляторами происходило снижение содержания общей суммы хлорофиллов (рисунок 4).

Коэффициент флуоресценции ω , определяемый как соотношение максимумов в красной области спектра – длины волны 740 нм к длине волны 685 нм, зависит от целого ряда факторов абиотической природы, причем оптимальным условиям развития растений всегда соответствуют его максимальные значения [19]. В условиях повышенной влажности при обработке иммуностимуляторами значения коэффициента ω были снижены в вариантах обработки СК и МеЖ на 19 % и 18 % соответственно по отношению к контролю (рисунок 4).

Заключение

Вспучивание – физиологическое неинфекционное расстройство, вызванное абиотическими факторами и связанное с аномальным увеличением и делением клеток. В условиях защищенного грунта при создании повышенной влажности воздуха с целью оптимизации условий адаптации растений на их листьях иногда формируются вспучивания / отеки. Обработка СК и МеЖ способствует образованию вспучиваний и протеканию патологических процессов, ведущих к гибели листьев, что сопровождается снижением содержания фотосинтетических пигментов и общей пероксидной активности, значительным накоплением пролина (более чем в 3 раза). Напротив, применение ЭБ вызвало наибольшую активность пероксидазы, повышение содержания пролина в 2 раза и незначительное снижение содержания суммы хлорофиллов, что, вероятно, связано с активной адаптацией клеточных структур листьев к поражениям, вызванным вспучиваниями.

Литература

1. Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 208 с.

2. Ganesh, V. Edema: A Physiological Disorder of Plant Grown Under Protected Conditions / V. Ganesh, N. Chaudhari, K. He-dau // Agriculture Observer. – 2020. – V. 1, № 5. – P. 20–25.
3. A keen eye can help you spot edema on your vegetables [Electronic resource]. – Mode of access: – Date of access: 02.11.21.
4. Lang, S. Factors controlling intumescence development on tomato plants / S. Lang, T. Tibbitts // J. Amer. Soc. Hortic. Sci. – 1983. – V. 108, № 1. – P. 93–98.
5. Sagi, A. Differences in susceptibility to oedema in two tomato cultivars growing under various light intensities / A. Sagi, I. Rylski // Phytoparasitica. – 1978. – V. 6, № 3. – P. 151–153.
6. Morrow, R. Evidence for involvement of phytochrome in tumor development on plants / R. Morrow, T. Tibbitts // Plant Physiology. – 1988. – V. 88, № 4. – P. 1110–1114.
7. Rud, N. A. Environmental factors influencing the physiological disorders of edema on ivy geranium (*Pelargonium peltatum*) and intumescences on tomato (*Solanum lycopersicum*): Master's dissertation / N. A. Rud. – Manhattan, Kansas, 2009. – 99 p.
8. Balge, R. J. Occurrence, severity and nature of oedema in *Pelargonium hortorum* / R. J. Balge, B. E. Struckmeyer, G. E. Beck // J. Amer. Soc. Hortic. Sci. – 1969. – V. 94. – P. 181–183.
9. Douglas, E. G. The formation of intumescences on potato plants / E. G. Douglas // Bot. Gaz. – 1907. – V. 43. – P. 233–250.
10. Characterization and comparison of lesions on ornamental sweet-potato 'Blackie', tomato 'Maxifort', interspecific geranium 'Caliente Coral', and Bat-faced Cuphea 'Tiny Mice' / K. Craver [et al.] // J. Amer. Soc. Hortic. Sci. – 2014. – V. 135, № 5. – P. 603–615.
11. Kirkham, M. B. Air pollution injury of potato plants grown in a growth chamber / M. B. Kirkham, D. R. Keeney // Plant Dis. Rptr. – 1974. – V. 58. – P. 304–306.
12. Pinkard, E. Physiology and anatomy of lenticel-like structures on leaves of Eucalyptus nitens and Eucalyptus globulus seedlings // E. Pinkard, W. Gill, C. Mohammed // Tree Physiol. – 2006. – V. 26. – P. 989–999.
13. Eguchi, T. Far-red and blue light synergistically mitigate intumescence injury of tomato plants grown under ultraviolet-deficit light environment / T. Eguchi, R. Hernandez, C. Kubota // Hort Science. – 2016. – V. 51. – P. 712–719.
14. Roloff, I. Photosynthesis of blueberry leaves as affected by Septoria leaf spot and abiotic leaf damage / L. Roloff, H. Scherm, M. W. van Iersel // Plant Dis. – 2004. – V. 88. – P. 397–401.
15. Kubota, C. UV-B radiation dose requirement for suppressing intumescence injury on tomato plants / C. Kubota, T. Eguchi, M. Kroggel // Sci Hortic. – 2017. – V. 226. – P. 366–371.
16. Edema and Intumescence [Electronic resource]. – Mode of access: <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/edema-intumescence>. – Date of access: 02.12.21.
17. Bates, L. S. Rapid Determination of Free Proline for Water-Stress Studies / L. S. Bates, R. P. Waldren, J. D. Teare // Plant and Soil. – 1973. – V. 39, № 1. – P. 205–207.
18. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Яраш. – Л.: Агропромиздат, 1987. – С. 41–43.

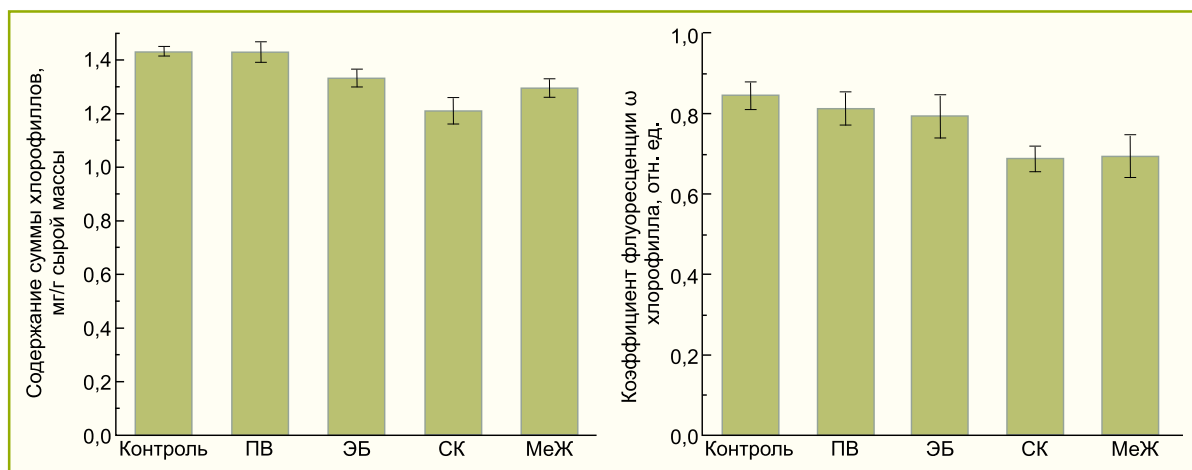


Рисунок 4 – Содержание фотосинтетических пигментов и коэффициент флуоресценции ω хлорофилла в листьях картофеля на фоне формирования вспучиваний

19. Lichtenthaler, K. Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf Extracts in Different Solvents / K. Lichtenthaler, A. R. Welburn // Biochemical Society Transactions. – 1983. – V. 11. – P. 591–592.
20. Метод определения функционального состояния растений по спектрам флуоресценции хлорофилла (техника биомониторинга) / К. Б. Асланиди [и др.]. – Пуцзино: НЦБИ АН СССР, 1988. – С. 43.
21. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Высш. шк., 1973. – 320 с.
22. Колупаев, Ю. Е. Пролин: физиологические функции и регуляция содержания в растениях в стрессовых условиях / Ю. Е. Колупаев, А. А. Вайнер, Т. О. Ястреб // Вісник Харківського національного аграрного університету. – 2014. – Т. 2, № 32. – С. 6–22.
23. Колупаев, Ю. Е. Участь активних форм кисню в індукованні солестійкості проростків пшениці саліциловою кислотою / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпець, Л. І. Мусатенко // Доп. НАН України. – 2007. – № 6. – С. 154–158.
24. Влияние плазменно-радиоволновой обработки семян кукурузы и последующего их хранения в неблагоприятных условиях на физиолого-биохимические особенности проростков / Ж. Н. Калацкая [и др.] // Известия НАН Беларуси, Сер. биол. наук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 7–19.

Выдающийся агрохимик. Листая страницы биографии

глава из книги «Земледельцы»
(посвящена Виктору Ивановичу Шемпелю *)

Виктор Иванович Шемпель родился 24 января 1908 г. в городе Минске.

Его отец, Иван Фомич Шемпель, выходец из крестьян Юрьевской волости Борисовского уезда, долгое время работал учителем в сельских школах уезда, а затем переехал в Минск, где служил бухгалтером в Минском управлении службы путей Либаво-Роменской железной дороги.

После Октябрьской революции 1917 г. снова учительствовал в сельских школах Борисовского уезда, а с 1924 г. вновь переехал в Минск, где работал в Белорусском государственном университете бухгалтером. Умер в 1929 г. Годом раньше умерла мать Виктора Ивановича.

В Минске В. И. Шемпель окончил семилетнюю школу, а затем двухгодичные общеобразовательные курсы, которые готовили для поступления в высшие учебные заведения.

Раздумий о будущей профессии у Виктора не было. Несмотря на то что он вырос и учился в городе, у него давно зародилась мечта стать специалистом сельского хозяйства. Поэтому он поступает на агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии. Уже со студенческих лет он проявил себя как дисциплинированный, имеющий хорошие организаторские и ораторские способности студент.

В этот период кафедру возглавлял известный ученый, профессор, впоследствии академик ВАСХНИЛ О. К. Кедров-Зихман. Как вспоминают бывшие студенты академии, О. К. Кедров-Зихман умел привить любовь к преподаваемому им курсу агрохимии и лучших студентов привлекал к научно-исследовательской работе. Студента Виктора Шемпеля в это время заинтересовала проблема роли кальция и магния при известковании почв. Интересовался он этой проблемой и тогда, когда, будучи студентом, работал практикантом в период каникул на Минской растениеводческой опытной станции Наркомзема БССР.

После окончания академии в 1929 г. Виктор Иванович поступает в аспирантуру Центральной агрохимической лаборатории Белорусского научно-исследовательского



института сельского и лесного хозяйства им. В. И. Ленина. Активные научные исследования позволили ему, еще будучи аспирантом, опубликовать в 1931 г. в Белорусском государственном издательстве брошюру «Азотные удобрения» и в 1937 г. успешно защитить кандидатскую диссертацию.

С сентября 1932 г. Виктор Иванович работает старшим научным сотрудником Центральной агрохимической лаборатории БелНИИ сельского и лесного хозяйства, который в 1933 г. был организован в Научно-исследовательский институт агропочвоведения и удобрений.

Как известно, в 1940 г. на базе Института агропочвоведения и удобрений был организован Белорусский научно-исследовательский институт социалистического

* Виктор Иванович Шемпель (6 февраля 1908, Минск – 23 августа 1975) – белорусский советский агрохимик. Академик Национальной академии наук Беларуси (1950); член-корреспондент с 1940), академик Академии сельскохозяйственных наук БССР (1957–1961). Заслуженный деятель науки БССР (1968).