

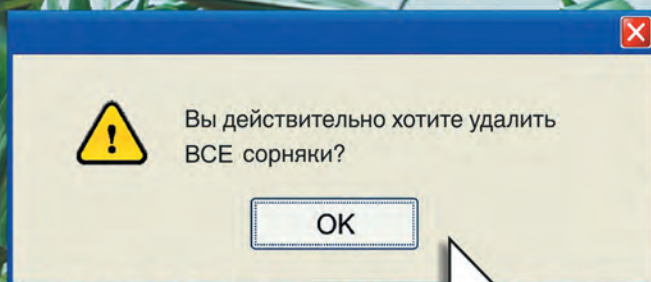
# Земледелие и Защита растений

№ 3 (118)  
2018

Научно-практический  
журнал

## Кельвин® Плюс

Системное удаление ВСЕХ сорняков в посевах кукурузы



- Новейший трехкомпонентный селективный послевсходовый гербицид
- Обладает усиленным действием против однолетних и многолетних двудольных сорных растений
- Широкий спектр контролируемых злаковых сорных растений, в том числе пырея ползучего
- Не подвержен выработке резистентности со стороны сорных растений за счет сочетания 3-х действующих веществ

 **BASF**

We create chemistry

техническая поддержка 8(017)359-24-09

[www.agro.basf.by](http://www.agro.basf.by)



# Земледелие и Защита растений

Научно-практический журнал

№ 3 (118)  
май-июнь 2018 г.

Периодичность – 6 номеров в год

Издается с 1998 г.

Agriculture and plant protection  
Scientific-Practical Journal

№ 3 (118)  
May-June 2018

Periodicity – 6 issues per year

Published since 1998

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

**Ф. И. Привалов,** генеральный директор *РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»*, член-корреспондент НАН Беларуси, председатель совета учредителей

## СОВЕТ УЧРЕДИТЕЛЕЙ:

**В. В. Лапа,** директор *РУП «Институт почвоведения и агрохимии»*, академик НАН Беларуси;

**С. В. Сорока,** директор *РУП «Институт защиты растений»*, кандидат с.-х. наук;

**Ю. М. Чечёткин,** директор *РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле»*;

**С. А. Турко,** генеральный директор *РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»*, кандидат с.-х. наук;

**А. А. Таранов,** директор *РУП «Институт плодоводства»*, кандидат с.-х. наук;

**А. И. Чайковский,** директор *РУП «Институт овощеводства»*, кандидат с.-х. наук;

**А. В. Пискун,** директор *ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений»*;

**Л. В. Сорочинский,** директор *ООО «Земледелие и защита растений»*, доктор с.-х. наук, зам. главного редактора

## В НОМЕРЕ

### Агротехнологии

✍ Тиво П. Ф., Саскевич Л. А., Бут Е. А. Урожайность 3  
многолетних трав и кукурузы в Поозерье

### Селекция

✍ Зайцева И. Е., Пугачева И. Г., Бабак О. Г., Кильчевский А. В. Микрогаметофитный отбор у томата как 8  
инструмент повышения устойчивости к абиотическим (низкие положительные температуры) и биотическим (фузариозное увядание, кладоспориоз) стрессам

✍ Гапоненко И. В. Источники морфобиологических и хозяйственно ценных признаков для селекции партенокарпического огурца 13

✍ Кожуро Ю. И., Пашкевич П. А., Шор В. Ч. Степень развития корневой системы проростков как критерий для оценки семенной продуктивности и урожайности семян гороха 16

✍ Витко Г. И. Корреляции между количественными признаками у желтого люпина 19

## IN THE ISSUE

### Agrotechnologies

✍ Tivo P. F., Saskevich L. A., But E. A. Yield of perennial grasses and maize in Poozerie

### Selection

✍ Zaitseva I. E., Pugacheva I. G., Babak O. G., Kiltchevsky A. V. Microgametophyte selection in tomatoes as a tool to increase resistance to abiotic (low positive temperatures) and biotic (fusarium wilt, cladosporium) stresses

✍ Gaponenko I. V. Sources of morphobiological and economically valuable traits for the selection of parthenocarpic cucumber

✍ Kozhuro Yu. I., Pashkevich P. A., Shor V. C. A degree of radicle root system development as a criterion for assessing seed productivity and yield of pea seeds

✍ Vitko G. I. Correlation between quantitative traits in yellow lupine

✍ Любченко И. А., Любченко А. И., Рябовол Л. О. Влияние солевого стресса на каллусогенез рыжика ярого

### Агрохимия

✍ Лапа В. В., Михайловская Н. А., Погирницкая Т. В. Ферментативная диагностика почвы и ее применение для нормирования нагрузки по удобрениям

✍ Богатырева Е. Н., Серая Т. М., Юхновец А. В., Касьяненко И. И. Влияние регулярных дозовых нагрузок жидких органических удобрений на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их поступление в растениеводческую продукцию

### Защита растений

✍ Сорока С. В., Сорока Л. И., Корпанов Р. В., Кабзарь Н. В., Петровец И. Ю. Контроль засоренности посевов озимых зерновых культур гербицидами, содержащими ЭГЭ 2,4-Д и флорасулам

✍ Гаджиева Г. И., Подковенко О. В. Эффективность фунгицида Эминент 125 МЭ (тетраконазол, 125 г/л) в посевах сахарной свеклы

✍ Полозняк Е. Н. Райдер, ВДГ в посевах озимого рапса

✍ Радивон В. А. Эффективность протравителей в защите ярового тритикале от корневой гнили

✍ Биловус Г. Я., Ващишин О. А., Пристацкая О. Н., Добровецкая М. Р. Биологические препараты для защиты от болезней листьев пшеницы озимой в западной лесостепи Украины

✍ Гаджиева Г. И. Новые вредные организмы в посевах сахарной свёклы

### Льноводство

✍ Прудников В. А., Чуйко С. Р., Любимов С. В. Влияние уровней кислотности почвы на поступление минеральных элементов в растения льна-долгунца

### Овощеводство

✍ Забара Ю. М., Якимович А. В. Влияние сроков сева на урожайность и качество семян при гибридном семеноводстве капусты белокочанной

23 ✍ Lyubchenko I. A., Lyubchenko A. I., Ryabovol L. O. The effect of salt stress on gold-of-pleasure callusogenesis

### Agrochemistry

26 ✍ Lapa V. V., Mikhailovskaya N. A., Pogirnitskaya T. V. Fermentative diagnostics of soil and its application for the normalization of fertilizer load

29 ✍ Bogatyreva E. N., Seraya T. M., Yukhnovets A. V., Kasyanenko I. I. Effect of regular dose loads of liquid organic fertilizers on the content of heavy metals in sod-podzolic soils and their entry into crop production

### Plant protection

35 ✍ Soroka S. V., Soroka L. I., Korpanov R. V., Kabzar N. V., Petrovets I. Yu. Weed infestation control in winter grain crops by herbicides containing EHE 2,4-D and florasulam

40 ✍ Gadzhieva G. I., Podkovenko O. V. Effectiveness of fungicide Eminent 125 ME (tetraconazol, 125 g/l) in sugar beet crops

42 ✍ Poloznyak E. N. Rider, WDG in winter rape crops

43 ✍ Radivon V. A. The effectiveness of disinfectants for spring triticale protection against root rot

47 ✍ Bilovus G. Ya., Vashishin O. A., Pristatskaya O. N., Dobrovetskaya M. R. Biological preparations for winter wheat leaves protection against diseases in the western forest-steppe of Ukraine

50 ✍ Gadzhieva G. I. New noxious organisms in sugar beet crops

### Flax production

55 ✍ Prudnikov V. A., Chuiko S. R., Lyubimov S. V. Influence of soil acidity levels on the supply of fiber flax plants with mineral elements

### Vegetable growing

57 ✍ Zabara Yu. M., Yakimovich A. V. Influence of sowing time on white cabbage yield and seed quality by hybrid seed-growing

**ИЗДАТЕЛЬ:** ООО «Земледелие и защита растений»

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**И. М. Богдевич**, академик НАН Беларуси; **С. Ф. Буга**, доктор с.-х. наук; **Н. К. Вахонин**, кандидат технических наук; **И. А. Голуб**, академик НАН Беларуси; **С. И. Гриб**, академик НАН Беларуси; **Ю. М. Забара**, доктор с.-х. наук; **С. А. Касьянчик**, кандидат с.-х. наук; **Э. И. Коломиец**, член-корр. НАН Беларуси; **Н. В. Кухарчик**, доктор с.-х. наук; **В. Л. Маханько**, кандидат с.-х. наук; **П. А. Саскевич**, доктор с.-х. наук; **Л. И. Трепашко**, доктор биол. наук; **Э. П. Урбан**, член-корр. НАН Беларуси; **Л. П. Шиманский**, кандидат с.-х. наук; **В. Н. Шлапунов**, академик НАН Беларуси, **научный редактор**

**РЕДАКЦИЯ:** А. П. Будревич, М. И. Жукова, М. А. Старостина, С. И. Ярчакоская. Верстка: Г. Н. Потеева

**Адрес редакции:** Республика Беларусь, 223011, Минский район, аг. Прилуки, ул. Мира, 2

Тел./факс: главный редактор: (017 75) 3-25-68, (029) 615-58-08; зам. главного редактора: (017) 509-24-89, (029) 640-23-10;

научный редактор: (017 75) 3-42-71, (033) 492-00-17

E-mail: ahova\_raslin@tut.by

Журнал зарегистрирован Министерством информации Республики Беларусь 08.02.2010 (07.12.2012 перерегистрирован) в Государственном реестре средств массовой информации за № 1249

Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов публикуемых материалов; за достоверность данных, представленных в них, редакция ответственности не несет. При перепечатке ссылка обязательна

Подписано в печать 12.06.2018 г. Формат 60x84/8. Бумага офсетная Тираж 1200 экз. Заказ № 520. Цена свободная.

Отпечатано в типографии «Акварель Принт» ООО «Промкомплекс». Ул. Радиальная, 40-202, 220070, Минск

ЛП 02330/78 от 03.03.2014 до 29.03.2019. Свидетельство о ГРИИРПИ № 2/16 от 21.11.2013 г.

## Урожайность многолетних трав и кукурузы в Поозерье

П. Ф. Тиво, доктор с.-х. наук, Л. А. Саскевич, старший научный сотрудник,  
Е. А. Бут, младший научный сотрудник  
Институт мелиорации

(Дата поступления статьи в редакцию 25.01.2018 г.)

Приведены результаты исследований по совершенствованию системы удобрений многолетних бобовых трав и кукурузы на зеленую массу. Установлено, что клевер луговой 1-го года пользования даже на среднеобеспеченных фосфором и калием почвах слабо реагировал на внесение этих удобрений. Наоборот, на участке с 11-летней люцерной посевной от них получена прибавка урожая 46–79 %. Показана более высокая экономическая эффективность многолетних бобовых трав по сравнению с кукурузой.

The article study how to improve fertilizer system for perennial legume grasses and corn for green mass. It was found that clover of the 1st year of use had weak reaction to fertilizer just on middle-phosphorus and middle-potassium soils. At the same time on the area with 11-years old alfalfa these fertilizers enriched productivity by 46–79 %. Economic efficiency of perennial legume grasses is higher compared with corn.

### Введение

Общая площадь Поозерья составляет 4,1 млн га. В природном отношении это уникальный регион с неповторимым ландшафтом и разнообразными природными условиями. Важной особенностью природы Белорусского Поозерья является высокая озёрность: здесь находится более 3 тыс. озёр, занимающих в отдельных районах до 10 % территории. Поверхность региона характеризуется чередованием холмистых моренных возвышенностей, гряд, обширных низин, усложнённых многочисленными камами (куполовидными крутосклонными беспорядочно разбросанными холмами), замкнутыми бессточными ложбинами и западинами. Этим объясняется более сильная расчленённость рельефа (и соответственно большая пестрота почв), предопределяющая мелкоконтурность сельскохозяйугодий. Последнее затрудняет проведение полевых работ и снижает продуктивность возделываемых культур. Кроме того, мелкоконтурность уменьшает производительность сельхозмашин. Так, на участке менее 2 га дневная выработка составляет 70–80 % от выработки на участке 10 га [1].

Вся территория Витебской области относится к Поозерью, которое отличается от других регионов республики как почвенным покровом, так и особенностями климата. Здесь наблюдается более низкая температура воздуха. Наоборот, средняя сумма атмосферных осадков выше, чем в других регионах. Преобладающими на Витебщине почвами являются суглинки различного гранулометрического состава, что определяет специфику водного режима почв, проявляющуюся почти в повсеместном их переувлажнении в течение вегетационного периода, или его части, особенно весной. В целом сельскохозяйственное производство Витебской области в отдельные годы страдает от избытка влаги. Ежегодный недобор продукции от этого составляет по меньшей мере 1 млн т кормовых единиц.

Плодородие почвы на пашне в среднем оценивается 27,9 баллами, тогда как в Минской области – 33,4, в Брестской – 31,6 и Гродненской – 35,8. Удельный вес почв с отрицательным нормативным чистым доходом, по данным Белгипрозема, составляет в ней 24,3 % против 10,4 % в среднем по республике. В этих условиях особая роль принадлежит мелиорации и окультуриванию низкоплодородных почв.

Вместе с тем в ряде районов Витебской области зерновые имеют излишне высокий удельный вес, что не лучшим образом сказывается на их урожайности. Тем более что такая требовательная культура, как пшеница, нередко высевается на значительных площадях по неблагоприятным предшественникам.

Улучшит ситуацию возделывание многолетних трав, прежде всего бобовых. Из них наибольшее значение имеют клевер луговой и люцерна посевная. Об эффективности их возделывания высказываются различные суждения. Споры нет, по долговлетию и продуктивности люцерна превосходит клевер. Но, чтобы реализовать своё преимущество, люцерне необходимы высокоплодородные почвы с благоприятным водным режимом, как, например, в Гродненской и Минской областях, где эта бобовая культура получила широкое распространение. Недостаточно осушенные, заплывающие тяжелые земли с кислой реакцией среды и низким содержанием доступных форм фосфора для неё не подходят. Тем более, что на холодных тяжелых землях без этого элемента практически невозможно добиться хороших результатов в растениеводстве.

Относительно менее требователен к условиям произрастания клевер луговой, и семеноводство его, в отличие от люцерны, практически налажено в самой республике. Насколько же важна благоприятная реакция среды при возделывании многолетних бобовых трав, можно судить по данным таблицы 1 [2].

Таблица 1 – Классификация бобовых культур по эффективности симбиоза в зависимости от кислотности почвы

Группа культур	Культуры	pH <sub>KCl</sub>					
		4,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,5
I	Лядвенец рогатый, люпин желтый	3	4	5	5	5	4
II	Клевер луговой, горох, вика, донник	1	2	3	4	5	4
III	Эспарцет, люцерна	0	1	2	3	4	5

Примечание – 1 – единичные мелкие клубеньки на отдельных растениях;  
2 – количество растений с клубеньками в посеве не более 50 %, клубеньки мелкие, бледно-розовые;  
3 – симбиоз нормальный, клубеньки преимущественно мелкие, розовые;  
4 – более половины клубеньков крупные, розовые; 5 – много крупных красных клубеньков с большим содержанием леггемоглобина.

Если pH, к примеру, равен 4 (при прочих благоприятных условиях), лядвенец рогатый может фиксировать около 60–80 % азота от его потенциальной азотфиксирующей способности. У клевера лугового при такой кислотности этот показатель не превышает 5–6 %, а люцерна вообще не связывает азот.

Интерес к клеверу вызван тем, что его можно включать в полевой севооборот, чего нельзя сказать о люцерне посевной. Её обычно возделывают в кормовых севооборотах, на отдельных полях, бессменно в течение не менее 3–4 лет. За это время затраты на попку дороговатоющих семян многократно окупаются.

В отличие от клевера, она более засухоустойчива, хотя в лучшую сторону по этому показателю все же выделяется люцерна жёлтая. Однако последняя по сравнению с люцерной посевной менее продуктивна.

По мнению А. И. Иванова [3], мнение конкретного ученого в отношении засухоустойчивости люцерны во многом зависит от вида или сорта, с которым работал исследователь, а также агроклиматической зоны, где проводились опыты.

На основании собственных исследований автор пришел к выводу, что растения люцерны даже после продолжительной засухи отличаются исключительно высокой восстановительной способностью. Хорошо развитая проводящая система, четкая работа устьичного аппарата, наличие других приспособительных реакций позволяют растениям противодействовать обезвоживанию и быстро восстанавливать тургор, даже если они лишились 35–40 % воды. Люцерна в экстремальных условиях (дефицит влаги) приостанавливает рост и часть листьев сбрасывает. После прекращения засухи прерванный рост возобновляется. Несмотря на высокий коэффициент транспирации, люцерна, благодаря мощной корневой системе, использует воду из более глубоких слоев почвы. Корни её обладают четко выраженным гидротропизмом, т. е. всегда стремятся к более увлажненным горизонтам почвы.

Однако резкий дефицит влаги всё же отрицательно влияет на продуктивность люцерны, особенно при покровном ее посеве. При возделывании ее беспокровно суммарная за два года урожайность в полевых опытах на связанной супесчаной почве составила 120,1 ц/га сухой массы. Примерно столько же было получено при подсевах люцерны под ячмень или овес, хотя здесь на бобовый компонент приходилось лишь 44–62 %, в то время как при беспокровном посеве весь урожай формировался высокобелковой культурой [4].

Сказывается на урожайности люцерны посевной и тип почвы (рисунок 1) [5].

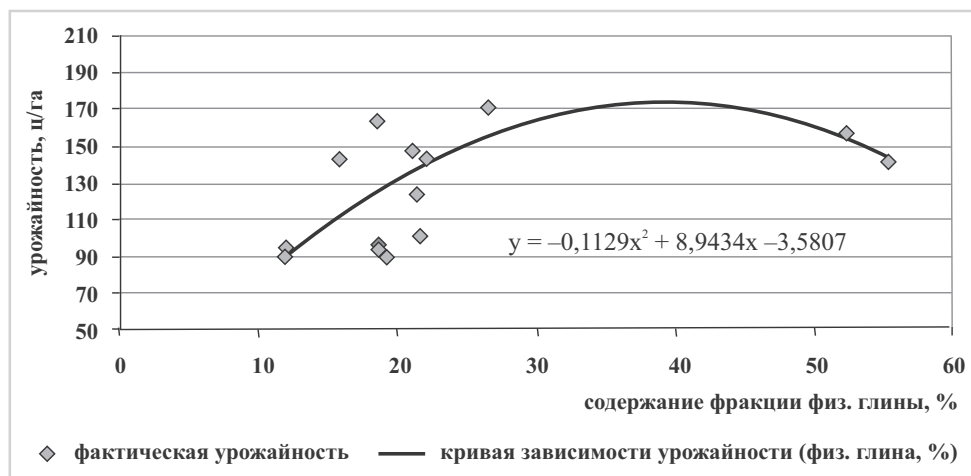


Рисунок 1 – Зависимость продуктивности люцерны от содержания физической глины в пахотном горизонте (полевые учеты)

Из приведенных данных следует, что для люцерны не подходят песчаные почвы. Даже на супесчаных почвах из-за дефицита влаги иногда не удается получить третий укос [6]. В этой связи в НПЦ НАН Беларуси по земледелию ведется работа по созданию первого отечественного сорта люцерны изменчивой (на основе межвидовой гибридизации люцерны синей и желтой), который по своему потенциалу продуктивности приближался бы к люцерне посевной, а по требованиям к условиям произрастания – к люцерне желтой [7].

В 2014 г. в Витебской области посевные площади люцерны посевной составляли 5,5 тыс. га, клевера лугового – 23,8 тыс. га [8]. Ставится задача по улучшению ситуации с многолетними бобовыми травами в этом регионе. Посевы клевера лугового и его смеси предлагается увеличить до 58 тыс. га, люцерны – до 46 тыс. га. Рекомендуются расширить также площади под лядвенцем рогатым и донником [9]. Подобная тенденция имеет место и в других регионах республики, особенно в Минской области, где уже в 2014 г. площадь под люцерной составляла 26,8 тыс. га [8]. К 2020 г. планировалось здесь иметь 70 тыс. га, хотя фактически уже в 2017 г. эта цифра была превышена.

#### Условия и методика проведения исследований

Ввиду недостаточной изученности, нами проводились исследования эффективности возделывания люцерны и её смесей с клевером луговым и кострцом безостым на склоновых землях. Это делалось с целью повышения продуктивности травостоя 1-го года пользования, когда клевер обеспечивает максимальный урожай. В дальнейшем основная роль в формировании урожая принадлежит люцерне посевной.

В исследованиях на Витебской опытно-мелиоративной станции (ВОМС) кроме бобовых закладывались полевые опыты и с кукурузой на землях с уклоном 3–3,5°. Почвы дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные, то есть типичные для Витебской области. Степень обеспеченности почв подвижными формами P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O (в 0,2 НСl) – средняя; подвижной меди (в 1 М НСl) – 1,7 мг/кг, цинка – 3,4, марганца (в 1 М КСl) – 4,1. Кислотность почв близкая к нейтральной реакции (pH<sub>КСl</sub> > 6), которая является оптимальной для многолетних бобовых трав.

Опыты с кукурузой на зеленую массу (гибрид Краснодарский 194 МВ) проводили на 2 фонах минеральных удобрений: общепринятый в производстве (N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>) и интенсивный (N<sub>150</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>). В обоих случаях доза навоза – 40 т/га. При этом фосфор и калий вносились в один прием, а азот – в основную заправку и в подкормку. Некорневую подкормку цинком и медью осуществляли в фазе 6–8 листьев (по 150 г/га Zn и Cu).

Повышенные дозы микроэлементов объясняются недостаточным их содержанием в пахотном слое.

Общая площадь кукурузы – 2500 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная, учетная площадь – 35 м<sup>2</sup>. Норма высева – 120 тыс. всхожих семян на 1 га. С целью снижения смыва почвы в процессе водной эрозии кукуруза высевалась поперек склона.

Схема опыта с клевером луговым сорта Витебчанин и люцерной сорта Будучыня предусматривала внесение двух доз калийных удобрений



ний ( $P_{60}K_{60+60}$  и  $P_{60}K_{60+60+60}$ ). Использование травостоя трёхукосное. Дробное внесение калия необходимо для того, чтобы исключить избыточное поглощение этого элемента растениями, вызывающее ухудшение минерального состава корма.

В годы исследований (2014, 2015, 2016, 2017) с апреля по сентябрь выпало соответственно 402, 335, 500, 493 мм осадков при норме 399 мм. Они распределялись за вегетационный период неравномерно. Так, в 2017 г. июль, август, сентябрь оказались очень дождливыми, что вызвало задержку с уборкой урожая. При этом холоднее обычного были май и июнь, в 2015 г. – вторая декада мая и июля, а жарким – август. В остальные сроки наблюдений норма по температуре превышалась, что было характерно и для 2016 г.

### Результаты исследований и их обсуждение

В полевых опытах травы возделывались в чистом виде и в травосмесях. Преимущества бобово-злаковых травосмесей заключаются в следующем [10]:

- в первый год пользования они более урожайны, чем чистые злаковые, а в последующие годы – и чем чистые бобовые культуры;
- лучше зимуют, дольше сохраняются и дают более устойчивый урожай по годам;
- эффективнее используют питательные вещества, так как их корни охватывают больше слоев почвы: корни злаковых распределяются мельче, бобовых же – проникают глубже;
- лучше используют свет и солнечную энергию, так как листья бобовых и злаковых различаются и формой, и расположением, вследствие чего фотосинтез в травосмеси происходит более интенсивно, чем в чистом травостое;
- меньше страдают от сорняков, вредителей и болезней;
- оставляют в почве больше корней, а следовательно и гумуса, в большей степени улучшают структуру почвы;
- корм травосмесей обычно лучше сбалансирован в отношении питательных веществ: в бобовых содержится больше азота, некоторых аминокислот, кальция, некоторых других макро- и микроэлементов, в злаковых – сахаров и других углеводов. Зеленая трава из травосмеси не вызывает тимпанита у животных, быстрее силосится. Она лучше сушится, чем трава одних бобовых, теряет меньше листочков.

Травосмеси имеют и некоторые недостатки, в частности:

- введение злаковых в травосмесь к бобовым часто сопровождается понижением процентного содержания и общего сбора сырого протеина;
- распашка пласта травосмесей обычно более затратная, чем чистых бобовых трав.

Лучшим сроком уборки люцерны для приготовления зимних кормов является период бутонизации – начало цветения растений (10–15 % цветущих растений). При уборке после оптимальных сроков ежедневно теряется 0,25–0,3 % протеина, и резко снижается содержание каротина. Травостой люцерны за сезон данной фазы достигает 3 раза. Такой режим скашивания обеспечивает пользование травостоем в течение 4–5 лет. При использовании люцерны в качестве подкормки отчуждение вегетативной массы осуществляется в более ранней фазе (стеблевание) 4–6 раз в год, но при этом продуктивное долголетие сокращается до 2–3 лет по причине быстрого выпадения растений из травостоя [7]. Но в любом случае качеству кормов следует уделять исключительное внимание [11–17].

В исследованиях на Витебской опытно-мелиоративной станции клевер луговой 1-го года пользования обеспечил урожай зеленой и сухой массы за 3 укоса соответ-

ственно 418–459 и 97,2–103,3 ц/га (таблица 2). При этом эффективность минеральных удобрений была невысокой. Не выявлено и положительного влияния на урожай дополнительной дозы калия. Наоборот, по мере старения травостоя усиливалась роль этого элемента в повышении продуктивности люцерны и бобово-злаковых травостоев на её основе.

Изменился и ботанический состав травостоя: в первом укосе преимущество получил кострец безостый, хотя во втором укосе ситуация изменилась в пользу бобового компонента.

Представляет интерес многолетнее бессменное использование люцерны в течение 11 лет. В варианте без удобрений резко снизилось её содержание и стало преобладать в травостое разнотравье, прежде всего ежа сборная. В меньшей степени это отмечалось в удобренных вариантах, что свидетельствует о возрастании роли минеральных удобрений в сохранении люцерны в травостое и повышении её продуктивности. В данном случае урожайность люцерны повышалась, в среднем за 2016–2017 гг., на 52,7–83,4 % относительно контроля (без удобрений). Причём за счёт дополнительной дозы  $K_2O$  (60 кг/га) она возросла на 30,7 %.

Сказанное не отрицает большой роли фосфорного питания. При низком содержании фосфора в почвенной среде бактерии в корень проникают, однако клубеньки при этом не образуются. Данный элемент особенно необходим на первом этапе развития растений [18–19]. Однако позднее дефицит калия становится более сильным, ограничивающим рост фактором, вызывая резкое уменьшение индекса листовой поверхности. Отмечаются и другие симптомы калийного голодания. При этом нарушается отток ассимилятов из листьев в стебли и корни, что ослабляет их рост и подтверждает зарубежные исследования [20]. Клевер луговой лучше, чем люцерна, переносит недостаток фосфора [21].

Направляется и такой вывод. В хозяйствах, где корма особенно дефицитны по протеину, необходимо высевать люцерну в чистом виде. В остальных случаях преимущество имеют люцерно-злаковые травосмеси, которые обеспечивают более сбалансированный корм по сахаро-протеиновому соотношению. При этом уменьшаются затраты на приобретение дорогостоящих семян люцерны за счёт снижения нормы посева. Однако нужно иметь в виду, что в данном случае продуктивное долголетие люцерны уменьшается в сравнении с посевом в чистом виде [22].

Из-за неблагоприятных погодных условий в 2017 г. замедлился рост кукурузы, как более теплолюбивой культуры. Если сравнить полученную урожайность с урожайностью клевера лугового первого года пользования, то можно заключить, что кукуруза в текущем году уступала ему по нарастанию зеленой массы (таблица 3).

Однако по урожаю сухой массы обе эти культуры практически не различались. Это связано с тем, что растения клевера содержали больше влаги, чем кукурузы. В последнем случае она составляла 71,3 % на фоне  $N_{150}P_{70}K_{120}$  и 69,7 % в варианте  $N_{90}P_{40}K_{90}$ ; в то время как влажность растений клевера лугового 1-го года пользования при внесении  $P_{60}K_{120}$  достигала 77,3 %.

Чтобы составить представление о данном показателе, необходимо определить структуру урожая кукурузы с учетом доли каждого органа растения в накоплении сухого вещества. Только на этой основе можно рассчитать средневзвешенное содержание влаги в целом растении, а следовательно и во всем урожае. Попытка отбора растительного образца для химического анализа и других целей без учета структуры урожая не обеспечивает достоверных результатов.

Определяли также себестоимость зеленой массы возделываемых культур. Установлено, что возделыва-

**Таблица 2 – Урожайность многолетних трав на склоновых землях (ВОМС)**

Вариант	Урожайность, ц/га сухой массы				Прибавка урожая сухой массы за 3 укоса	
	1 укос	2 укос	3 укос	за 3 укоса	ц/га	%
<b>В среднем за 2014–2015 гг.</b>						
<i>Клевер луговой + люцерна посевная + костреч безостый 2–3-го года пользования</i>						
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	49,2	41,2	11,0	101,4	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>60+60</sub>	52,2	46,6	13,0	111,8	10,4	10,2
P <sub>60</sub> K <sub>60+60+60</sub>	52,9	49,3	14,1	116,3	14,9	14,7
<i>Люцерна посевная + костреч безостый 3–4-го года пользования</i>						
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	36,7	33,7	7,2	77,6	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>60+60</sub>	41,1	40,3	9,6	91,0	13,4	17,3
P <sub>60</sub> K <sub>60+60+60</sub>	43,0	45,2	10,1	98,3	20,7	26,7
<i>Люцерна 8–9-го года пользования</i>						
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	26,7	27,5	3,5	57,7	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>60+60</sub>	39,4	44,7	7,1	91,2	33,5	58,0
P <sub>60</sub> K <sub>60+60+60</sub>	44,1	52,3	9,9	106,3	48,6	84,2
HCP <sub>05</sub>					7,3	
<b>В среднем за 2016–2017 гг.</b>						
<i>Люцерна посевная + костреч безостый 4–5-го года пользования</i>						
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	34,4	35,3	9,1	78,8	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>60+60</sub>	44,4	46,5	13,8	104,7	25,9	32,9
P <sub>60</sub> K <sub>60+60+60</sub>	49,8	51,1	15,5	116,4	37,6	47,7
<i>Люцерна посевная + костреч безостый 5–6-го года пользования</i>						
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	30,1	30,7	7,8	68,6	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>60+60</sub>	40,2	42,2	12,7	95,1	26,5	38,6
P <sub>60</sub> K <sub>60+60+60</sub>	47,7	47,1	16,4	111,2	42,6	62,1
<i>Люцерна 10–11-го года пользования</i>						
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	23,0	25,2	7,8	56,0	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>60+60</sub>	37,0	38,1	10,4	85,5	29,5	52,7
P <sub>60</sub> K <sub>60+60+60</sub>	43,2	43,3	16,2	102,7	46,7	83,4
HCP <sub>05</sub>					8,1	
<i>Клевер луговой 1-го года пользования (2017 г.)</i>						
P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	34,3	44,9	18,0	97,2	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>60+60</sub>	36,0	46,5	19,0	101,0	3,8	3,9
P <sub>60</sub> K <sub>60+60+60</sub>	36,2	47,2	19,9	103,3	6,1	6,3
HCP <sub>05</sub>					8,3	

**Таблица 3 – Урожайность кукурузы на мелиорированных минеральных землях (ВОМС, 2016–2017 гг.)**

Вариант	Зеленая масса, ц/га	Сухая масса, ц/га
<i>Верхняя часть склона</i>		
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	243/223*	81,2/63,1
N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	398/328	133,2/99,5
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	453/382	146,8/109,7
<i>Середина склона</i>		
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	186/201	64,4/59,6
N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	347/302	120,1/89,4
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	395/353	133,5/103,8

Примечание – \*Числитель – 2016 г., знаменатель – 2017 г.

ние кукурузы требует значительных затрат. В данном случае себестоимость 1 т зеленой массы составляла 11,7–13,0 долл. США в эквиваленте, в то время как при возделывании люцерны и травосмеси на ее основе она не превышала 4,1–5,3 \$. Причем наиболее низкой себестоимостью отличалась люцерна посевная 11-го года пользования.

Многолетние бобовые травы и кукуруза являются основной кормовой базы. Первые из них обогащают рацион белком, а вторая – углеводами, энергией, без которых ухудшается использование протеина. В этой связи можно следующим образом рассчитать необходимую площадь люцерны или клевера для сбалансирования зеленой массы кукурузы по переваримому протеину:

$$S = \frac{Y \cdot B - Y \cdot B_1}{Y_1 \cdot B_2 - Y \cdot B_1}$$

где  $S$  – необходимая площадь люцерны или клевера, га;  $U$  – продуктивность кукурузы, ц/га к. ед.;  $B$  – требуемый уровень переваримого протеина, кг/ц к. ед.;  $B_1$  – содержание переваримого протеина в зеленой массе кукурузы, кг/ц к. ед.;  $U_1$  – продуктивность люцерны, ц/га к. ед.;  $B_2$  – содержание в люцерне переваримого протеина, кг/ц к. ед.

Пример расчета:

В 1 к. ед. зеленой массы кукурузы обычно содержится 55 г переваримого протеина, а в люцерне – 160 г (зоотехническая норма для коров с удоем 6 тыс. кг – 110 г). С учетом приведенных данных и продуктивности люцерны 85 ц/га к. ед. и определена ее площадь возделывания для балансирования зеленой массы кукурузы по этому показателю. Так, при продуктивности кукурузы 125 ц/га к. ед. нужно иметь в хозяйстве на каждый гектар столько же люцерны. При других параметрах продуктивности кукурузы и люцерны результаты будут иными (рисунок 2).

### Выводы

Установлено возрастание роли минеральных удобрений в повышении урожайности люцерно-злаковой травосмеси по мере старения травостоя. Клевер луговой 1-го года пользования даже на среднеобеспеченных почвах  $P_2O_5$  и  $K_2O$  слабо реагировал на внесение фосфора и калия. Наоборот, на участке с 11-летней люцерной от этих элементов урожайность увеличилась на 46–79 %, в том числе за счёт дополнительной дозы  $K_2O$  (60 кг/га) – на 30,7 %.

Клевер луговой первого г. п. по нарастанию зеленой массы превзошёл в 2017 г. кукурузу, хотя по формированию сухого вещества они практически не различались. Из-за неблагоприятных погодных условий продуктивность кукурузы по сравнению с 2016 г. снизилась на 1/3. В меньшей степени это коснулось клевера.

Применительно к почвенно-климатическим условиям Витебской области следует отдавать предпочтение бобово-злаковым травосмесям, поскольку они дают возможность получить корм с более благоприятным сахаропротеиновым соотношением. При этом экономятся затраты на приобретение дорогостоящих семян люцерны посевной.

Из-за недостатка хороших предшественников для пшеницы не исключается возделывание клевера лугового в чистом виде одногодичного использования. Целесообразность этого подтверждается многочисленными исследованиями и практикой в других регионах республики.

Люцерна посевная или травосмесь с её участием обеспечивают получение более дешевой зеленой массы, чем кукуруза, однако обе эти культуры являются основой кормовой базы. Первая из них обогащает рацион белком, а вторая – углеводами и энергией, без которых ухудшается использование сырого протеина. Вместе с тем, необходимо оптимизировать посевную площадь кукурузы в сторону уменьшения за счет повышения ее продуктивности.

Увеличение удельного веса многолетних трав в севообороте обусловлено также необходимостью ослабления эрозионных процессов на преобладающих в регионе склоновых землях.

### Литература

1. Белорусское Поозерье: анализ эколого-мелиоративного состояния / В. С. Аношко [и др.]. – Минск: Университетское, 1992. – 156 с.

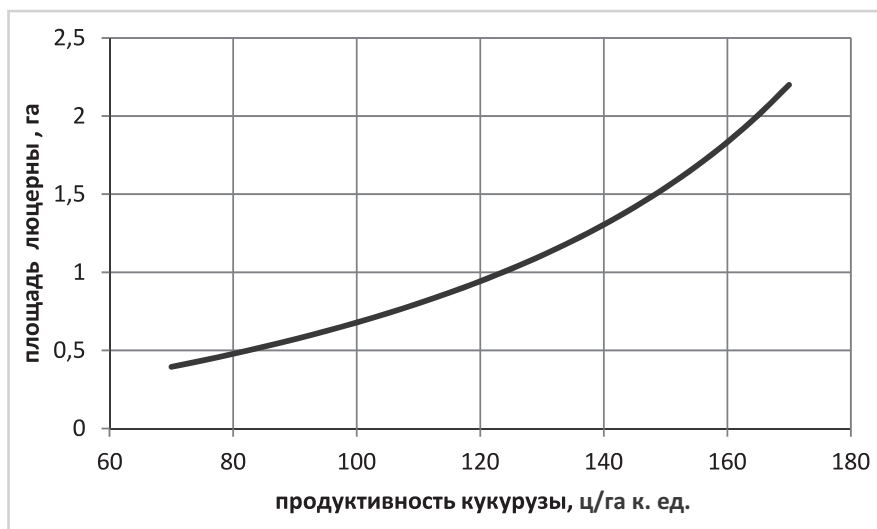


Рисунок 2 – Площадь люцерны, необходимая для сбалансирования зеленой массы кукурузы по переваримому протеину

2. Базилинская, М. В. Использование биологического азота в земледелии / М. В. Базилинская. – М.: ВНИИТЭСХ, 1985. – 55 с.

3. Иванов, А. И. Люцерна / А. И. Иванов. – М.: Колос, 1980. – 349 с.

4. Шлапунов, В. Н. Влажность почвы и урожайность люцерны посевной в подпокровных и беспокровных посевах / В. Н. Шлапунов, Д. Н. Володькин, А. Н. Романович // Технологии и приемы производства экологически безопасной продукции растениеводства: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию со дня создания научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию (14–15 апреля 2016 г., г. Жодино) / РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию: редкол. Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – С. 129–132.

5. Матыченко, О. В. Влияние увлажнения и гранулометрического состава дерновых и дерново-подзолистых почв Беларуси на продуктивность люцерны: автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.03 / О. В. Матыченко // Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 20 с.

6. Ивасюк, Е. В. Урожайность и белковая продуктивность люцерны и люцерно-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой супесчаной почве Калужской области / Е. В. Ивасюк, В. К. Храмой, Н. М. Ивасюк // Известия ТСХА. – 2012. – Вып. 2. – С. 100–105.

7. Чекель, Е. И. Люцерна: потенциал и путь к его реализации / Е. И. Чекель, М. Н. Крицкий // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 24–27.

8. Бречко, Я. Анализ современного состояния производства травяных кормов из многолетних и однолетних трав / Я. Бречко, А. Головач, Е. Седнев // Аграрная экономика. – 2015. – № 8. – С. 62–70.

9. Привалов, Ф. И. Оптимизация структуры многолетних трав как фактор стабилизации производства кормов и растительного белка / Ф. И. Привалов, П. П. Васьюк // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 9–12.

10. Каджюлис, Л. Ю. Выращивание многолетних трав на корм / Л. Ю. Каджюлис. – Л.: Колос. Ленингр. отд.-ние, 1977. – 247 с.

11. Кормовые культуры (производство, уборка, консервирование и использование грубых кормов) / Под общей редакцией Д. Шлаара. – Москва: ИДООО "DLV Агродело", 2009. – В двух томах. – 784 с.

12. Думачева, Е. В. Роль оптимизации минерального питания в формировании кормовой ценности люцерны / Е. В. Думачева, И. К. Ткаченко // Кормопроизводство. – 2010. – № 5. – С. 23–25.

13. Ганущенко, О. Клетчатка в рационах коров. Часть 1. / О. Ганущенко // Белорусское сельское хозяйство. – 2017. – № 8. – С. 38–41.

14. Пикун, П. Т. Люцерна и её возможности / П. Т. Пикун. – Минск: Беларусь наука, 2012. – 310 с.

15. Попов, В. В. Интернет об оценке качества кормов / В. В. Попов // Кормопроизводство. – 1999. – № 4. – С. 27–30.

16. Люцерна посевная: биология и технология возделывания в Беларуси / А. А. Шелюто [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 184 с.

17. Никончик, П. И. Агроэкономические основы систем использования земли / П. И. Никончик. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 532 с.

18. Голобородько, С. П. Люцерна: монография / С. П. Голобородько, Н. Н. Лазарев. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. Тимирязева, 2009. – 425 с.

19. Лупашку, М. Ф. Люцерна / М. Ф. Лупашку. – М.: Агропромиздат, 1988. – 256 с.

20. Baily, J. S. Growth and development of white clover (*Trifolium repens* L.) as influenced by P and K nutrition / J. S. Baily, A. S. Laidlaw // Annals of Botany. – 1998. – 81. – № 6. – P. 783–786.

21. Интенсивные технологии полевых культур в Нечерноземной зоне / Л. А. Синякова [и др.]. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд.-ние, 1987. – 224 с.

22. Луговое и пастбищное хозяйство / И. В. Ларин [и др.] // 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд.-ние, 1990. – 600 с.



## Микрогаметофитный отбор у томата как инструмент повышения устойчивости к абиотическим (низкие положительные температуры) и биотическим (фузариозное увядание, кладоспориоз) стрессам

И. Е. Зайцева, И. Г. Пугачева, кандидат с.-х. наук

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

О. Г. Бабак, кандидат биологических наук, А. В. Кильчевский, доктор биологических наук

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 02.03.2018 г.)

*Изучено влияние однократного и двукратного микрогаметофитного (пыльцевого) отбора по холодостойкости на повышение устойчивости популяций  $F_2$  и  $F_3$  гибридных комбинаций Линия С-9464 × Линия 19/0 и Линия Б-3-1-8 × Линия 19/0 к низким положительным температурам; на формирование устойчивости спорофита к фузариозу и кладоспориозу; на распределение частот аллелей генов устойчивости к фузариозному увяданию и кладоспориозу. Прослеживается положительная тенденция к повышению устойчивости к фузариозному увяданию и кладоспориозу у томата под влиянием пыльцевого отбора по холодостойкости. Предполагается существование общих механизмов устойчивости к абиотическим (низкой температуре) и биотическим (устойчивость к фузариозу и кладоспориозу) стрессорам.*

### Введение

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) в списке овощей для функционального питания (*Functional Foods List*) занимает одно из первых мест наряду с брокколи, чесноком, шпинатом. Высокая ценность для здоровья человека является причиной его возделывания в самых различных климатических условиях. Несмотря на непрерывное совершенствование технологии возделывания, основной преградой для получения высоких урожаев томата является отрицательное воздействие на них биотических (грибные болезни, вирусы, бактерии, вредители) и абиотических (повышенные и пониженные положительные температуры, недостаточная освещенность, засоление, засуха и др.) стрессоров. Например, низкие положительные температуры ограничивают интенсивность роста и развития, а высокие – снижают завязываемость плодов. При действии стресса возрастают затраты созданных ассимилятов на приспособление к неблагоприятным факторам, и снижается продуктивность фотосинтеза [1]. Высока вредоносность фузариозного увядания и кладоспориоза на томатах в защищенном грунте. В Беларуси в остекленных теплицах распространенность фузариоза составляла 50–90 %, а в пленочных теплицах – до 60 %. В зависимости от устойчивости сорта и сроков поражения потери урожая от кладоспориоза достигали 36 % и более [2].

Наиболее совершенным методом повышения устойчивости растений представляется использование адаптивных к широкому спектру стрессов сортов. Применение методов традиционной селекции для их создания зачастую недостаточно, поэтому необходимо сочетание разнообразных методов и подходов, в частности методов гаметной и маркер-сопутствующей селекции.

В связи с вышесказанным нами была выдвинута гипотеза о том, что у томата отбор микрогаметофитов по холодостойкости позволит получить спорофит с повы-

*The effect of single and double microgametophyte (pollen) cold resistance screening was investigated on increasing the resistance of  $F_2$  and  $F_3$  populations in Line C-9464 × Line 19/0 and Line B-3-1-8 × Line 19/0 hybrid combinations to low positive temperatures; on developing the sporophyte resistance to fusarium and cladosporium diseases; on the arrangement of gene alleles frequencies that control the resistance to fusarium wilt and cladosporiosis. A positive tendency towards the increased resistance to fusarium wilt and cladosporiosis in tomato is observed under the pollen selection effect for cold resistance. There is an assumption about existence of general resistance mechanisms to abiotic (low temperature) and biotic (fusarium and cladosporium) stressors.*

шенной устойчивостью к болезням как результат повышения общей стрессоустойчивости.

Основанием для этого послужили исследования Н. Н. Балашовой и ее коллег, которые установили взаимосвязь между устойчивостью к патогенам и абиотическим факторам [3].

### Материалы и методика исследований

Работы проводились в 2012–2017 гг. в теплицах на опытном поле и в лаборатории кафедры сельскохозяйственной биотехнологии и экологии УО «БГСХА». Исходным материалом служили полученные ранее гибриды  $F_1$  Линия С-9464 × Линия 19/0 (Л.С-9464 × Л.19/0) и Линия Б-3-1-8 × Линия 19/0 (Л.Б-3-1-8 × Л.19/0). Материнские формы данных гибридов характеризуются по результатам ДНК-анализа наличием аллелей устойчивости к болезням: Линия 19/0 обладает геном устойчивости к фузариозному увяданию *l-2* в гомозиготном состоянии, Линия С-9464 – аллелем устойчивости к кладоспориозу *Cf-5*.

С целью дифференциации материала по холодостойкости были получены семена популяций  $F_2$  и  $F_3$  методом отбора по микрогаметофиту. Для этого пыльцу, собранную с растений  $F_1$ , использовали для создания популяции контрольных и опытных растений. Для инициации прорастания первоначально пыльцу обоих вариантов культивировали 30 мин при температуре 26 °С в питательной среде. Далее пыльцу в контрольном варианте использовали для опыления. Пыльцу опытного варианта дополнительно выдерживали 3 часа в холодильнике при +1 °С для искусственного отбора наиболее холодостойких пыльцевых зерен, затем проводили опыление. Таким образом, были получены семена  $\kappa F_2$  и  $\sigma F_2$ . На следующий год осуществляли ДНК-типирование сеянцев, полученных из семян, для выявления гетерозиготных по гену *l-2* растений. Их пыльца была вновь подвержена холо-

довой обработке и использована для опыления. В конечном итоге были получены следующие варианты семян (рисунок 1):  $kF_2$  и  $kF_3$  ( $F_2$  и  $F_3$  без обработки холодом);  $oF_2$  и  $okF_3$  ( $F_2$  и  $F_3$  с однократной обработкой холодом на уровне пыльцы  $F_2$  – однократный пыльцевой отбор);  $ooF_3$  ( $F_3$  с двукратной обработкой холодом на уровне пыльцы  $F_2$  и  $F_3$  – двукратный пыльцевой отбор).

Полученные семена томата контрольного и опытного вариантов использовали для следующих экспериментов.

**Эксперимент № 1** проводили для изучения влияния однократного и двукратного пыльцевого отборов (низкотемпературного стресса) на повышение устойчивости популяций  $F_2$  и  $F_3$  гибридных комбинаций Л.С-9464 × Л.19/0 и Л.Б-3-1-8 × Л.19/0 к низким положительным температурам. Оценку устойчивости растений к стрессовым температурам по спорофиту на стадии проростков осуществляли согласно методическому руководству «Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям» [4]. Повторность опыта двукратная, по 50 шт. на повторность. Через 15 дней изучали всхожесть семян, измеряли среднюю массу проростка, среднюю длину корня и гипокотыля.

**Эксперимент № 2** организован для изучения воздействия пыльцевого отбора по холодостойкости на реакцию спорофита томата (проростки) на культуральный фильтрат *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Культуру гриба выращивали 14 дней на картофельно-глюкозном агаре, затем на жидкой питательной среде Чапека на круговых качалках (180 об./мин) при температуре 23–25 °С в течение 26 суток. Тестирование реакции (устойчивости) растений осуществляли на основании метода биопроб [5]. Повторность опыта двукратная, по 50 семян на повторность. Через 6 дней оценивали морфометрические параметры проростков томата.

**Эксперимент № 3** предназначен для установления роли пыльцевого отбора по холодостойкости в формировании устойчивости спорофита к кладоспориозу. Заражение и оценку устойчивости к кладоспориозу проводили согласно методическим указаниям по ускоренной оценке устойчивости овощных культур к болезням и расовой дифференциации их возбудителей [6]. В качестве объекта исследований выступали отдельные листья сеянцев, полученные из семян  $kF_2$ ,  $kF_3$ ,  $oF_2$ ,  $okF_3$  и  $ooF_3$  гибридной комбинации Л.С-9464 × Л.19/0. Инфекционная нагрузка определялась подсчетом спор в камере Горяева и составляла  $5 \times 10^5$  шт./мл. Через 20 дней определяли устойчивость растений по наличию или отсутствию симптомов проявления болезни на листьях.

В **эксперименте № 4** исследовали влияние пыльцевого отбора по холодостойкости на распределение частот аллелей генов устойчивости к фузариозному увяданию и кладоспориозу при помощи ДНК-анализа. Объектом исследования служили семена  $kF_2$ ,  $oF_2$  (Л.Б-3-1-8 × Л.19/0), а также семена  $kF_2$ ,  $kF_3$ ,  $oF_2$ ,  $okF_3$  и  $ooF_3$  (Л.С-9464 × Л.19/0), которые были высеяны в пластико-

вые контейнеры для получения сеянцев. ДНК выделяли из 612 растений. ДНК-типирование аллеля *I-2* осуществлялось для всех 612 образцов, т. к. отцовский компонент скрещивания Л.19/0 присутствовал у обеих гибридных комбинаций и характеризовался наличием гена *I-2* в гомозиготном состоянии. Выявление доминантного аллеля гена *Cf-5* проводили на 200 образцах гибридной комбинации с участием Л.С-9464 (100 – контроль и 100 – опыт). Молекулярно-генетический анализ по типированию аллеля устойчивости к фузариозному увяданию *I-2* и аллеля устойчивости к кладоспориозу *Cf-5* проводили в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси в лаборатории экологической генетики и биотехнологии, согласно рекомендуемой методике [7].

Статистическую обработку результатов экспериментов осуществляли методами однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа при помощи программы NCSS и теста множественных различий Duncan's Multiple-Comparison Test.

### Результаты исследований и их обсуждение

Результаты эксперимента № 1 позволили установить достоверное снижение всех анализируемых признаков проростков при низкой температуре по отношению к комфортной для томата (таблица 1, 2). В гибридной комбинации Л.С-9464 × Л.19/0 независимо от температуры проращивания отмечается достоверное превышение всхожести в варианте  $oF_2$  на 17 % над  $kF_2$ . В  $F_3$  масса проростков  $okF_3$  и  $ooF_3$  достоверно превосходила  $kF_3$  на 7,5–17,7 % соответственно.

Масса проростков семян гибридной комбинации Л.Б-3-1-8 × Л.19/0 в вариантах  $oF_2$  и  $ooF_3$  была достоверно выше массы проростков, полученных без отбора, – на 16,7 и 24,4 % соответственно.

Длина корня проростков  $oF_2$  достоверно (на 11,6–8,2 мм) превосходила значение данного признака в остальных вариантах получения семян. Длина гипокотыля  $ooF_3$  была достоверно (на 9,7 %) выше по сравнению с  $kF_3$ . Очевидно это объясняется положительным влиянием микрогаметофитного отбора по холодостойкости.

В эксперименте № 2 обнаружено угнетающее действие культурального фильтрата *F. oxysporum* на ростовые характеристики проростков, которое заключается в достоверном снижении длины корня на 40 % и длины гипокотыля на 35,8 % (таблица 3). В данном эксперименте не выявлено преимуществ проростков, полученных в результате применения микрогаметофитного отбора. В большинстве случаев характеристики проростков опытных вариантов значительно не отличались от контрольных.

В эксперименте № 3 (таблица 4) во втором поколении выход здоровых растений, без явного поражения кладоспориозом листьев, в различных вариантах опыта практически не отличался и составлял 88,2 и 90,4 %. В третьем поколении, вероятно, ощутимого эффекта от действия отбора по холодостойкости выявить также не удалось, поскольку для опыления использовали растения с неизвестным состоянием аллеля гена *Cf-5*.

Результаты, полученные в ходе четвертого эксперимента по типированию аллеля устойчивости к фузариозному увяданию (*I-2*) и аллеля устойчивости к кладоспориозу (*Cf-5*), показаны на рисунках 2 и 3, в таблицах 5 и 6. На рисунке 2 представлена электрофореграмма продуктов амплификации с праймерами I-2/5F и I-2/5-R (633 п. н. – аллель устойчивости; 693 п. н. – аллель восприимчивости) гибридной комбинации Л.С-9464 × Л.19/0  $kF_2$ .

Электрофореграмма продуктов амплификации на рисунке 3 выявляет присутствие или отсутствие аллеля *Cf-5* в популяции томата  $kF_2$  из комбинации скрещивания Л.С-9464 × Л.19/0.

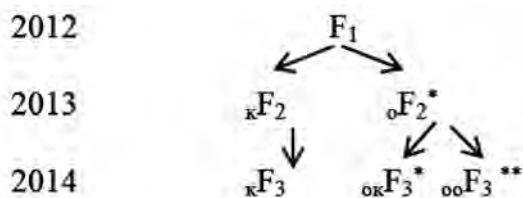


Рисунок 1 – Схема получения семян  $F_2$  и  $F_3$  контрольных и опытных вариантов

Примечание – \*Пыльца с однократным отбором по холодостойкости только в  $F_2$ ,  
\*\*пыльца с двукратным отбором по холодостойкости в  $F_2$  и  $F_3$ .

**Таблица 1 – Реакция генотипов томата гибридной комбинации Л.С-9464 × Л.19/0 на низкотемпературный стресс**

Вариант (фактор А)	Способ получения семян (фактор В)	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина гипокотыля, мм	Масса проростка, мг
Оптимальная температура 24–26 °С	кF <sub>2</sub>	71,0 <sup>с*</sup>	81,5 <sup>а</sup>	65,8	45,6 <sup>ab</sup>
	оF <sub>2</sub>	91,0 <sup>а</sup>	67,6 <sup>б</sup>	71,6	47,5 <sup>ab</sup>
	кF <sub>3</sub>	99,0 <sup>а</sup>	76,5 <sup>а</sup>	65,9	41,6 <sup>б</sup>
	окF <sub>3</sub>	81,0 <sup>б</sup>	77,7 <sup>а</sup>	67,0	50,2 <sup>а</sup>
	ооF <sub>3</sub>	96,0 <sup>а</sup>	62,8 <sup>б</sup>	63,7	44,4 <sup>ab</sup>
Стрессовая температура 13–15 °С	кF <sub>2</sub>	67,0 <sup>б</sup>	30,8 <sup>б</sup>	11,2	17,7
	оF <sub>2</sub>	81,0 <sup>а</sup>	39,8 <sup>ab</sup>	16,0	19,2
	кF <sub>3</sub>	89,0 <sup>а</sup>	39,2 <sup>ab</sup>	14,6	17,0
	окF <sub>3</sub>	70,0 <sup>б</sup>	45,2 <sup>а</sup>	16,4	18,9
	ооF <sub>3</sub>	84,0 <sup>а</sup>	41,2 <sup>ab</sup>	12,9	18,7
<b>Среднее по фактору А**</b>					
Т=24–26 °С		87,6 <sup>а</sup>	73,2 <sup>а</sup>	67,8 <sup>а</sup>	45,8 <sup>а</sup>
Т=13–15 °С		78,2 <sup>б</sup>	39,2 <sup>б</sup>	14,2 <sup>б</sup>	18,3 <sup>б</sup>
<b>Среднее по фактору В</b>					
кF <sub>2</sub>		69,0 <sup>д</sup>	56,2 <sup>ab</sup>	38,5	31,6 <sup>ab</sup>
оF <sub>2</sub>		86,0 <sup>б</sup>	53,7 <sup>б</sup>	43,8	33,4 <sup>а</sup>
кF <sub>3</sub>		94,0 <sup>а</sup>	57,8 <sup>ab</sup>	40,2	29,3 <sup>с</sup>
окF <sub>3</sub>		75,5 <sup>с</sup>	61,5 <sup>а</sup>	41,7	34,5 <sup>а</sup>
ооF <sub>3</sub>		90,0 <sup>ab</sup>	52,0 <sup>б</sup>	38,3	31,5 <sup>ab</sup>

Примечание (здесь и далее) – \*Значения (в пределах каждого варианта опыта: «оптимальная температура 24–26 °С», «стрессовая температура 13–15 °С»), обозначенные одинаковыми латинскими буквами, не имеют достоверных различий (P < 0,05) в соответствии с тестом множественных различий (Duncan's Multiple-Comparison Test); \*\* то же в пределах средних значений по вариантам и способу получения семян.

**Таблица 2 – Реакция генотипов томата гибридной комбинации Л. Б-3-1-8 × Л.19/0 на низкотемпературный стресс**

Вариант (фактор А)	Способ получения семян (фактор В)	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина гипокотыля, мм	Масса проростка, мг
Оптимальная температура 24–26 °С	кF <sub>2</sub>	99,0 <sup>а*</sup>	74,7	74,6 <sup>а</sup>	46,3
	оF <sub>2</sub>	99,0 <sup>а</sup>	78,0	69,7 <sup>б</sup>	50,5
	кF <sub>3</sub>	97,0 <sup>а</sup>	86,1	62,9 <sup>б</sup>	42,2
	окF <sub>3</sub>	95,0 <sup>а</sup>	82,4	65,4 <sup>б</sup>	44,3
	ооF <sub>3</sub>	87,0 <sup>б</sup>	71,3	66,9 <sup>б</sup>	50,5
Стрессовая температура 13–15 °С	кF <sub>2</sub>	93,0 <sup>ab</sup>	44,3 <sup>б</sup>	15,2 <sup>а</sup>	17,1 <sup>б</sup>
	оF <sub>2</sub>	98,0 <sup>а</sup>	59,7 <sup>а</sup>	17,8 <sup>а</sup>	23,6 <sup>а</sup>
	кF <sub>3</sub>	92,0 <sup>а</sup>	28,4 <sup>с</sup>	9,3 <sup>б</sup>	16,1 <sup>б</sup>
	окF <sub>3</sub>	86,0 <sup>б</sup>	38,8 <sup>б</sup>	7,3 <sup>б</sup>	15,8 <sup>б</sup>
	ооF <sub>3</sub>	92,0 <sup>ab</sup>	45,8 <sup>б</sup>	12,4 <sup>ab</sup>	21,9 <sup>а</sup>
<b>Среднее по фактору А**</b>					
Т=24–26 °С		95,4 <sup>а</sup>	78,5 <sup>а</sup>	67,9 <sup>а</sup>	46,7 <sup>а</sup>
Т=13–15 °С		92,2 <sup>б</sup>	43,4 <sup>б</sup>	12,4 <sup>б</sup>	18,9 <sup>б</sup>
<b>Среднее по фактору В</b>					
кF <sub>2</sub>		96,0 <sup>ab</sup>	59,5 <sup>б</sup>	44,9 <sup>а</sup>	31,7 <sup>б</sup>
оF <sub>2</sub>		98,5 <sup>а</sup>	68,8 <sup>а</sup>	43,7 <sup>а</sup>	37,0 <sup>а</sup>
кF <sub>3</sub>		94,5 <sup>б</sup>	57,2 <sup>б</sup>	36,1 <sup>с</sup>	29,1 <sup>б</sup>
окF <sub>3</sub>		90,5 <sup>с</sup>	60,6 <sup>б</sup>	36,3 <sup>с</sup>	30,0 <sup>б</sup>
ооF <sub>3</sub>		89,5 <sup>с</sup>	58,5 <sup>б</sup>	39,6 <sup>б</sup>	36,2 <sup>а</sup>



Таблица 3 – Признаки проростков томата гибридной комбинации Л.С-9464 × Л.19/0 в присутствии токсических метаболитов *F. oxysporum* в зависимости от способа получения семян

Вариант (фактор А)	Способ получения семян (фактор В)	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина гипокотыля, мм
Вода	кF <sub>2</sub>	99,0 <sup>а*</sup>	51,8 <sup>а</sup>	28,8 <sup>а</sup>
	оF <sub>2</sub>	78,0 <sup>с</sup>	22,4 <sup>б</sup>	22,6 <sup>б</sup>
	кF <sub>3</sub>	98,0 <sup>а</sup>	35,6 <sup>аb</sup>	26,8 <sup>аb</sup>
	окF <sub>3</sub>	97,0 <sup>а</sup>	29,1 <sup>аb</sup>	23,6 <sup>аb</sup>
	ооF <sub>3</sub>	92,0 <sup>б</sup>	16,0 <sup>б</sup>	21,0 <sup>б</sup>
Культуральный фильтрат	кF <sub>2</sub>	95,0 <sup>а</sup>	34,6	23,4 <sup>а</sup>
	оF <sub>2</sub>	84,0 <sup>б</sup>	15,7	15,8 <sup>б</sup>
	кF <sub>3</sub>	100,0 <sup>а</sup>	11,8	13,0 <sup>б</sup>
	окF <sub>3</sub>	100,0 <sup>а</sup>	18,0	14,3 <sup>б</sup>
	ооF <sub>3</sub>	98,0 <sup>а</sup>	13,1	12,6 <sup>б</sup>
<b>Среднее по фактору А**</b>				
Вода		92,8	31,0 <sup>а</sup>	24,6 <sup>а</sup>
Культуральный фильтрат		95,4	18,6 <sup>б</sup>	15,8 <sup>б</sup>
<b>Среднее по фактору В</b>				
кF <sub>2</sub>		97,0 <sup>а</sup>	43,2 <sup>а</sup>	26,1 <sup>а</sup>
оF <sub>2</sub>		81,0 <sup>б</sup>	19,1 <sup>б</sup>	19,2 <sup>б</sup>
кF <sub>3</sub>		99,0 <sup>а</sup>	23,7 <sup>б</sup>	19,9 <sup>б</sup>
окF <sub>3</sub>		98,5 <sup>а</sup>	23,6 <sup>б</sup>	19,0 <sup>б</sup>
ооF <sub>3</sub>		95,0 <sup>а</sup>	14,5 <sup>б</sup>	16,8 <sup>б</sup>

Примечание – \*Значения (в пределах каждого варианта опыта: «вода», «культуральный фильтрат»), обозначенные одинаковыми латинскими буквами, не имеют достоверных различий (P < 0,05) в соответствии с тестом множественных различий (Duncan's Multiple-Comparison Test);

\*\* то же в пределах средних значений по вариантам и способу получения семян.

Таблица 4 – Влияние микрогаметофитного отбора на устойчивость к кладоспориозу популяции гибридной комбинации Л.С 9464 × Л.19/0 после искусственного заражения

Образцы	Количество растений					Соотношение
	всего, шт.	здоровых		пораженных		
		шт.	%	шт.	%	
Л.С-9464 × Л.19/0 кF <sub>2</sub>	73	66	90,4	7	9,6	9,41 : 1
Л. С-9464 × Л.19/0 оF <sub>2</sub>	85	75	88,2	10	11,8	7,47 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 кF <sub>3</sub>	59	54	91,5	5	8,5	10,8 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 окF <sub>3</sub>	56	48	85,7	8	14,3	6,0 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 ооF <sub>3</sub>	65	48	73,8	17	26,2	2,82 : 1

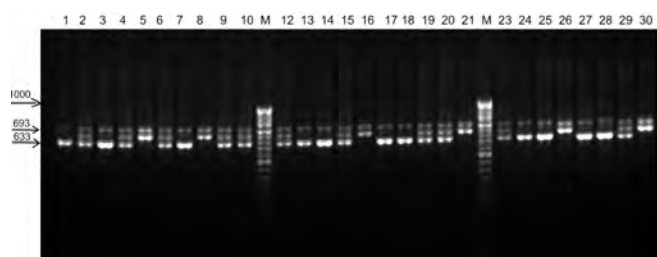


Рисунок 2 – Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК томата популяции Л.С-9464 × Л.19/0 с праймерами к гену *I-2*

Примечание – Дорожки 2, 4, 6, 9, 10, 12, 15, 19, 20, 23, 29 – гетерозиготный генотип; 1, 3, 7, 13, 14, 17, 18, 24, 25, 27, 28 – устойчивый гомозиготный генотип; 5, 8, 16, 21, 26, 30 – восприимчивый гомозиготный генотип томата; 11, 22 – маркер молекулярного веса (100–1000 п. н.).

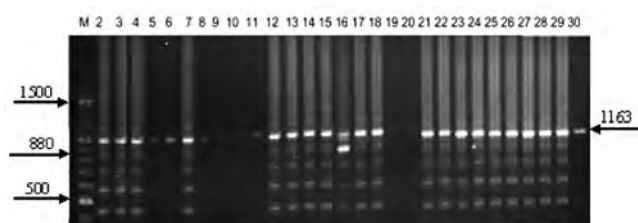


Рисунок 3 – Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК томата с праймерами к гену *Cf-5* (880 и 1163 п. н.) и *Cf-2* (1600 п. н.)

Примечание – Дорожки 2, 3, 4, 7, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21–29 содержат фрагменты 880 и 1163 п. н., наличие аллеля гена *Cf-5*. Дорожки 5, 6, 8, 9, 10, 11, 19, 20, 30 – отсутствие комбинации фрагментов 880 и 1163 п. н. и указывают на генотип томата, восприимчивый к заболеванию.

**Таблица 5 – Соотношение аллелей устойчивости к фузариозному увяданию в популяциях томата F<sub>2</sub> (Л.Б-3-1-8 × Л.19/0), а также F<sub>2</sub> и F<sub>3</sub> (Л.С-9464 × Л.19/0) в зависимости от способа получения семян**

Образцы	Всего, шт.	Наличие аллеля I-2 в гомозиготном состоянии		Наличие аллеля I-2 в гетерозиготном состоянии		Отсутствие аллеля I-2		Соотношение генотипов с наличием и отсутствием аллеля I-2
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	
Л.Б-3-1-8 × Л.19/0 κF <sub>2</sub>	96	23	24,0	58	60,4	15	15,6	5,41 : 1
Л.Б-3-1-8 × Л.19/0 оF <sub>2</sub>	100	32	32,0	54	54,0	14	14,0	6,13 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 κF <sub>2</sub>	100	28	28,0	48	48,0	24	24,0	3,17 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 оF <sub>2</sub>	100	31	31,0	48	48,0	21	21,0	3,76 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 κF <sub>3</sub>	24	4	16,7	15	62,5	5	20,8	3,81 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 окF <sub>3</sub>	96	26	27,1	52	54,1	18	18,8	4,32 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 ооF <sub>3</sub>	96	22	22,9	50	52,1	24	25,0	3 : 1

**Таблица 6 – Соотношение аллелей устойчивости к кладоспориозу в популяции томата F<sub>2</sub> комбинации Л.С-9464 × Л.19/0 в зависимости от способа получения семян**

Образцы	Всего	Наличие аллеля Cf-5		Отсутствие аллеля Cf-5		Соотношение генотипов с наличием и отсутствием аллеля Cf-5
		шт.	%	шт.	%	
Л.С-9464 × Л.19/0 κF <sub>2</sub>	100	68	68,0	32	32,0	2,13 : 1
Л.С-9464 × Л.19/0 оF <sub>2</sub>	100	70	70,0	30	30,0	2,33 : 1

В гибридной комбинации Л.Б-3-1-8 × Л.19/0 доля образцов оF<sub>2</sub> с аллелями устойчивости к фузариозу в гомозиготном состоянии была на 8 % больше по отношению к варианту опыта без отбора – 32,0 и 24,0 % соответственно (таблица 5).

Для получения поколения F<sub>3</sub> в комбинации скрещивания С-9464 × Л.19/0 были использованы только гетерозиготы по аллелю I-2, отобранные на основании ДНК-типирования. Среди растений этой комбинации (таблица 6) отмечено некоторое увеличение доли образцов с аллелями устойчивости к изучаемым болезням (в оF<sub>2</sub> – на 3 % по фузариозу и на 2 % по кладоспориозу; в окF<sub>3</sub> – на 10,4 % и в ооF<sub>3</sub> – на 6,2 % по фузариозу).

Следует отметить, что обнаруженный небольшой сдвиг в распределении аллелей устойчивости к анализируемым болезням в популяциях F<sub>2</sub> и F<sub>3</sub>, возможно, происходит наряду с отбором и по другим генам, действие которых проявляется совместно.

**Заключение**

В результате проведенных исследований в целом прослеживается положительная тенденция влияния однократного и двукратного микрогаметофитного отбора на устойчивость к низким положительным температурам, фузариозному увяданию и кладоспориозу у томата. Для того чтобы выявить более заметные изменения, очевидно, требуется дальнейшее изучение образцов в последующих поколениях.

Предполагается существование общих механизмов устойчивости к абиотическим (низкой температуре) и биотическим (фузариозу и кладоспориозу) стрессорам.

Отобраны ценные селекционные образцы, сочетающие в одном генотипе устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам среды, которые в дальнейшем могут быть использованы при ведении селекционного процесса как источники генов устойчивости к заболеваниям, а также для скрещиваний с целью обогащения генотипа другими ценными признаками.

**Литература**

1. Carpentier, R. Effect of high-temperature stress on the photosynthetic apparatus / R. Carpentier // Handbook of plant and crop stress. – New York, 1999. – P. 337–348.
2. Поликсенова, В. Д. Микозы томата: возбудители заболеваний, устойчивость растений / В. Д. Поликсенова. – Минск: Белорус. гос. ун-т, 2008. – 159 с.
3. Балашова, Н. Н. Механизм взаимодействия генотип-среда у растений / Н. Н. Балашова, И. Т. Балашова, В. И. Шатило // Сб. Современное состояние и перспективы развития селекции семеноводства овощных культур. – М., 2005. – С. 43–78.
4. Виноградова, В. В. Оценка холодостойкости овощных и тыквенных культур / В. В. Виноградова // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям : метод. рук. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова; сост.: С. Н. Дроздов и [др.]; под ред. Г. В. Удовенко. – Л., 1988. – С. 75–85.
5. Методы экспериментальной микологии: справочник / И. А. Дудка и [др.]; Акад. наук Укр. ССР, Ин-т микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного; отв. ред. В. И. Билай. – Киев: Наук. думка, 1982. – 550 с.
6. Методическое указание по ускоренной оценке устойчивости овощных культур к болезням и расовой дифференциации их возбудителей / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова; сост.: В. И. Кривченко, Э. А. Власова, З. В. Тимошенко. – Л.: ВИР, 1975. – 33 с.
7. Методические рекомендации ДНК-типирования генов качества плодов и устойчивости к болезням / А. В. Кильчевский [и др.]; под ред. А. В. Кильчевский // Мин-во с.-х. и прод. Республики Беларусь, Нац. академия наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии НАН РБ, Минск: «Право и экономика», 2016. – 42 с.

УДК 635.63: 631.547.52: [631.524.5+631.524.84]

## Источники морфобиологических и хозяйственно ценных признаков для селекции партенокарпического огурца

И. В. Гапоненко, научный сотрудник  
Институт овощеводства

(Дата поступления статьи в редакцию 19.04.2018 г.)

В статье представлены результаты двухлетних исследований морфобиологических и хозяйственно ценных признаков отечественных и иностранных сортообразцов партенокарпического огурца. В качестве источников морфобиологических и хозяйственно ценных признаков для селекции рекомендованы образцы по склонности к партенокарпии, окраске листьев, окраске и бугорчатости плода, количеству завязей в узле, раннеспелости, общей и ранней урожайности. Комплексом изучаемых признаков обладают следующие образцы: F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Пасалимо.

### Введение

Селекционный процесс всегда начинается со сбора и анализа имеющихся сортов, образцов и форм растений определенной культуры. Отбор лучших экземпляров растений, которые отвечают заданным требованиям, осуществляется на основании всесторонней оценки исходного материала. Далее в результате скрещиваний получают новые генотипы, совмещающие свойства и признаки родительских форм, а после отбирают лучшие генотипы с последующим формированием нового сорта или гибрида.

Успех селекции высокоурожайных гибридов огурца в наибольшей степени зависит от богатства исходного материала, обладающего комплексом важнейших хозяйственно ценных признаков. Чем больше таких признаков содержат в себе используемые родительские формы, тем быстрее можно создать гибриды, отвечающие модели современного гибрида [2].

Целью наших исследований являлось выделение сортообразцов партенокарпического огурца в качестве источников морфобиологических и хозяйственно ценных признаков.

### Объекты и методы исследований

Материалом для исследований послужили 60 гибридов партенокарпического огурца отечественного и иностранного происхождения.

Исследования проводили в пленочных теплицах на солончом обогреве РУП «Институт овощеводства» в 2009–2010 гг. Опыты закладывали согласно методическим указаниям по селекции огурца [3]. Площадь учетной делянки составляла 3,5 м<sup>2</sup>. Количество учетных растений – 10 шт. В качестве стандарта использовали гибрид F<sub>1</sub> Форум. Стандарт располагали через 10 сортообразцов.

Описание морфобиологических и хозяйственно ценных признаков огурца проводили согласно «Широкому унифицированному классификатору СЭВ и международному классификатору СЭВ вида *Cucumis sativus* L.» [11]. В ходе проведенных исследований учитывали следующие признаки: раннеспелость, раннюю урожайность, общую урожайность, количество плодов с одного растения, партенокарпию, окраску и величину листьев, форму, поверхность, опушение, окраску, величину, вес и индекс плода, ветвление стебля, длину междоузлия, максимальное количество завязей в одном узле.

Раннеспелость образцов – количество суток от массовых всходов до первого сбора. Ранняя урожайность образцов – количество урожая, собранного за первый месяц плодоношения. Урожайность учитывали путем взвешивания плодов с точностью до 100 г.

The article presents the results of two year of research of morphobiological and economically valuable traits of domestic and foreign varieties of parthenocarpic cucumber. As sources of morphobiological and economically valuable traits for selection, samples were recommended according to the tendency to parthenocarp, the color of leaves, the color and fistility of the fetus, the number of ovaries in the node, early ripening, general and early yield. The following samples have the complex of studied features: F<sub>1</sub> Athena, F<sub>1</sub> Delpina, F<sub>1</sub> Courage, F<sub>1</sub> Magdalena, F<sub>1</sub> Pasalimo.

Проявление признака партенокарпии оценивали по числу плодов, выросших на одном растении без опыления при изоляции женских цветков. Показатель степени проявления партенокарпии определяли по формуле:

$$P = A/B \times 100 \%,$$

где *A* – количество партенокарпических плодов, выросших без опыления; *B* – количество изолированных цветков [13].

Статистическую обработку результатов исследований проводили по методике Б. А. Доспехова (1985) на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 7.0.

### Результаты исследований и их обсуждение

В последнее время большую популярность на рынке производителей приобрели партенокарпические гибриды огурца. Преимущества таких гибридов заключаются в более высокой ранней урожайности, в способности завязывать плоды в неблагоприятную для опыления погоду и при полном отсутствии опыления насекомыми, лучшим товарном и вкусовом качестве плодов. Широкое внедрение в практику партенокарпических гибридов способствует увеличению урожайности и снижению себестоимости продукции при возделывании огурца [1]. Склонность к партенокарпии у разных сортов и гибридов огурца сильно различается [4, 8, 9].

С высокой степенью партенокарпии (коэффициент партенокарпии более 0,7) было выделено 35,0 % образцов. Это такие образцы, как F<sub>1</sub> Артист, F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Маша, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Пасалимо, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Плынь, F<sub>1</sub> Русский изумруд, F<sub>1</sub> Тонус, F<sub>1</sub> Форум, F<sub>1</sub> Чемпион, F<sub>1</sub> Черномор, F<sub>1</sub> Щелкунчик. Со средней степенью партенокарпии (коэффициент партенокарпии от 0,4 до 0,7) отмечено 65,0 % (таблица 1).

Со средним ветвлением стебля выделено 85,0 %. На долю образцов со слабым и сильным ветвлением приходится 6,7 и 8,3 % соответственно.

Большинство сортообразцов (50,0 %) имело зеленую окраску листьев. С темно-зеленой окраской листовой поверхности было выделено 26,7 %, светло-зеленой – 23,3 %.

Из 60 коллекционных сортообразцов выделены формы с различной длиной междоузлия. Наименьшая длина междоузлия (менее 7 см) была отмечена у образцов F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Русский изумруд. С длиной междоузлия 7–8 см выделено 65,0 % образцов, с длиной более 8 см – 31,7 %.



**Таблица 1 – Характеристика коллекционных сортообразцов огурца по морфобиологическим признакам (2009–2010 гг.)**

Признак	Доля образцов, %		
	градации признака		
Окраска листьев	темно-зеленая 26,7	зеленая 50,0	светло-зеленая 23,3
Длина междоузлия, см	< 7 3,3	7–8 65,0	> 8 31,7
Ветвление стебля	слабое 6,7	среднее 85,0	сильное 8,3
Форма плода	эллипсовидная 91,7	яйцевидная 5,0	веретеновидная 3,3
Окраска плода	темно-зеленая 40,0	зеленая 53,3	светло-зеленая 6,7
Длина плода, см	< 10 25,0	10–11 51,7	> 11 23,3
Поверхность плода	крупнобугорчатая 66,7	мелкобугорчатая 31,7	гладкая 1,6
Окраска шипов	белая 85,0	черная 11,7	коричневая 3,3
Степень партенокарпии, %	< 40 –	40–70 65	> 70 35

В настоящее время наблюдается повышенный потребительский спрос на плоды огурца с бугорчатой поверхностью, зеленой и темно-зеленой окраской и короткой и средней длиной. Плоды оцениваемых гибридов имели различную окраску (светло-зеленая, зеленая и темно-зеленая) и различную длину (от 7,5 до 14,0 см).

Среди испытываемых сортообразцов 53,3 % имели зеленую окраску плода. Темно-зеленой окраской обладали 40,0 % и светло-зеленой – 6,7 % плодов.

Длина плода наследуется промежуточно, поэтому для получения небольших плодов у огурца следует отбирать как короткоплодные, так и среднеплодные образцы [5]. Было выделено 25,0 % сортообразцов с мелкими плодами – до 10 см. Это образцы: F<sub>1</sub> Барон, F<sub>1</sub> Белый ангел, F<sub>1</sub> Гинга, F<sub>1</sub> Деревенская ярмарка, F<sub>1</sub> Зятек, F<sub>1</sub> Каналья, F<sub>1</sub> Клавдия, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Престиж, F<sub>1</sub> Щелкунчик. С длиной плода более 11 см отмечено 23,3 % (F<sub>1</sub> Алекс, F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Герман, F<sub>1</sub> Гренландия, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Мурашка, F<sub>1</sub> Патти, F<sub>1</sub> Пыжик, F<sub>1</sub> Русский изумруд, F<sub>1</sub> Сюзанна, F<sub>1</sub> Sweet Crunch). Более половины из оцениваемых сортообразцов (51,7 %) имели длину плода от 10 до 11 см.

Наследование бугорчатой поверхности плода носит доминантный характер, поэтому для включения в селекционный процесс по созданию гибридов огурца с бугорчатыми плодами можно отбирать образцы как с гладкой, так и с бугорчатой поверхностью зеленца [5]. Большинство исследуемых сортообразцов имело в разной степени бугорчатую поверхность плода. Из 60 образцов 66,7 % имели крупнобугорчатую поверхность, 31,7 % – мелкобугорчатую и только F<sub>1</sub> Sweet Crunch имел гладкую поверхность плода.

Что касается формы плода, то 5,0 % от общего количества сортообразцов (F<sub>1</sub> Белый ангел, F<sub>1</sub> Клавдия, F<sub>1</sub> Матильда) обладали яйцевидной формой, веретеновидной – 3,3 % (F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Sweet Crunch). Большинство сортообразцов (91,7 %) имело эллипсовидную форму плода.

Окраска шипов на плодах огурца является важным селекционным признаком, который используется как косвенный показатель качества зеленца. Как правило, плоды огурца с черным окрасом шипов быстро желтеют и теряют товарные качества [7]. Наиболее ценная окраска шипов плодов огурца белая, так как по результатам исследу-

ований многих авторов такие гибриды лучше переносят транспортировку и хранение. Соответственно, по цвету шипов на плодах можно проводить отбор [6].

Среди оцениваемых сортообразцов отмечено преобладание плодов с белыми шипами – 85,0 %. На долю черношипых образцов приходилось 11,7 % (F<sub>1</sub> Алексич, F<sub>1</sub> Деревенская ярмарка, F<sub>1</sub> Каналья, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Тонус, F<sub>1</sub> Черномор). Плоды с коричневым окрасом шипов были отмечены у 3,3 % от всех изученных гибридов (F<sub>1</sub> Мурашка, F<sub>1</sub> Надежда).

При оценке изучаемых сортообразцов огурца по продуктивности важным показателем является раннеспелость (период от всходов до плодоношения). Исследуемые образцы вступали в фазу плодоношения на 37–52 сутки (таблица 2). Из коллекционных сортообразцов выделилось 20,0 % раннеспелых образцов, у которых срок от всходов до образования плодов составляет 40 и менее дней. Это такие образцы, как F<sub>1</sub> Артист, F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Герман, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Партнер, F<sub>1</sub> Пасалимо. Однако раннее вступление культуры в плодоношение не всегда является залогом высокой урожайности и часто зависит от внешних условий среды [12].

У изучаемых сортообразцов ранняя урожайность (за первый месяц плодоношения) варьировала от 34,3 до 58,8 % от общей урожайности. Определенный интерес для селекции представляют собой образцы с ранней отдачей плодов, у которых ранняя урожайность в процентном соотношении от общей составляет более 50 %. К таким образцам относятся F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Барон, F<sub>1</sub> Брейк, F<sub>1</sub> Герман, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Орфейус, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Престиж, F<sub>1</sub> Форум, F<sub>1</sub> Юлий.

По результатам двухлетних испытаний коллекционных сортообразцов, урожайность колебалась от 9,6 до 17,3 кг/м<sup>2</sup>. Наибольшая урожайность (более 16 кг/м<sup>2</sup>) отмечена у 20,0 % образцов: F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Пасалимо, F<sub>1</sub> Форум. Урожайность менее 10 кг/м<sup>2</sup> отмечена у сортообразцов F<sub>1</sub> Галина, F<sub>1</sub> Клавдия, F<sub>1</sub> Надежда.

Средний вес плода коллекционных сортообразцов составлял 62–120 г. Среди изучаемых образцов с наименьшим весом (менее 70 г) отмечены образцы F<sub>1</sub> Артист, F<sub>1</sub> Барон, F<sub>1</sub> Белый ангел, F<sub>1</sub> Зятек, F<sub>1</sub> Клавдия, F<sub>1</sub> Кузя.

Таблица 2 – Характеристика коллекционных сортообразцов огурца по урожайности и продуктивности (2009–2010 гг.)

Признак	Доля образцов, %		
	градации признака		
Раннеспелость, дней	скороспелый 20,0	среднеспелый 66,7	позднеспелый 13,3
Общая урожайность, кг/м <sup>2</sup>	< 10,0 5,0	10,0–16,0 75,0	> 16,0 20,0
Ранняя урожайность, кг/м <sup>2</sup>	< 6,0 21,6	6,0–8,0 63,4	> 8,0 15,0
Средний вес плода, г	< 70 10,0	70–100 86,7	> 100 3,3
Индекс плода	< 2,5 1,6	2,5–3,5 91,8	> 3,5 6,6
Максимальное количество завязей в узле, шт.	2–3 46,7	4–5 36,6	6–7 16,7

С наибольшим весом плода (более 100 г) выделены два образца F<sub>1</sub> Вятский и F<sub>1</sub> Sweet Crunch.

Важным показателем помимо веса и размера плода является его индекс [14]. Наиболее предпочтительным индексом плода сортов и гибридов огурца корншонного типа является соотношение длины и диаметра плода примерно 3 : 1. Большинство сортообразцов имело индекс плода в пределах 2,5–3,5. Один образец (F<sub>1</sub> Белый ангел) имел соотношение длины к диаметру плода менее 2,5. У четырех сортообразцов соотношение длины к диаметру плода составило более 3,5 – F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Sweet Crunch.

Для повышения урожайности огурца в последние годы довольно часто используют гибриды с букетным типом цветения. За счет увеличения числа плодов в узле гибриды с таким признаком обеспечивают частые и дружные сборы, а также продолжительное плодоношение, что положительно сказывается на урожайности. Однако при таком типе не все завязи могут развиваться в полноценные плоды и часть завязей засыхает. Наиболее оптимальным количеством плодов в одном узле является 4–5 штук в зависимости от возраста растения и инсоляции [5,10].

Среди коллекционных сортообразцов с максимальным количеством (6–7 шт.) завязей в одном узле выделено 16,7 % образцов: F<sub>1</sub> Артист, F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Пасалимо, F<sub>1</sub> Форум. Наиболее перспективными образцами для селекции являются гибриды с 4–5 завязями в одном узле, такие как F<sub>1</sub> Алекс, F<sub>1</sub> Амур, F<sub>1</sub> Ардия, F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Герман, F<sub>1</sub> Гренландия, F<sub>1</sub> Каналья, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Конни, F<sub>1</sub> Коринна, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Маша, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Орнелло, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Патти, F<sub>1</sub> Плынь, F<sub>1</sub> Сюзанна, F<sub>1</sub> Тонус, F<sub>1</sub> Черномор.

В результате проведенной оценки комплексом морфобиологических и хозяйственно ценных признаков обладают образцы F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Пасалимо.

### Выводы

В качестве источников морфобиологических и хозяйственно ценных признаков для селекции партенокарпического огурца рекомендуются следующие образцы:

- по склонности к партенокарпии: F<sub>1</sub> Артист, F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Маша, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Пасалимо, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Плынь, F<sub>1</sub> Русский изумруд, F<sub>1</sub> Тонус, F<sub>1</sub> Форум, F<sub>1</sub> Чемпион, F<sub>1</sub> Черномор, F<sub>1</sub> Щелкунчик;
- по окраске листьев: F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Галина, F<sub>1</sub> Зятек, F<sub>1</sub> Клавдия, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Ма-

ринда, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Маша, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Надежда, F<sub>1</sub> Плынь, F<sub>1</sub> Русский изумруд, F<sub>1</sub> Юлий, F<sub>1</sub> Sweet Crunch;

- по окраске плода: F<sub>1</sub> Анника, F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Клавдия, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Король рынка, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Маша, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Мурашка, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Орфеус, F<sub>1</sub> Партнер, F<sub>1</sub> Пасалимо, F<sub>1</sub> Плынь, F<sub>1</sub> Пыжик, F<sub>1</sub> Русский изумруд, F<sub>1</sub> Чемпион, F<sub>1</sub> Щелкунчик, F<sub>1</sub> Sweet Crunch;
- по короткоплодности: F<sub>1</sub> Барон, F<sub>1</sub> Белый ангел, F<sub>1</sub> Гинга, F<sub>1</sub> Деревенская ярмарка, F<sub>1</sub> Зятек, F<sub>1</sub> Каналья, F<sub>1</sub> Клавдия, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Престиж, F<sub>1</sub> Щелкунчик;
- по бугорчатости: F<sub>1</sub> Анника, F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Король рынка, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Маша, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Мурашка, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Орфеус, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Плынь, F<sub>1</sub> Русский изумруд, F<sub>1</sub> Чемпион, F<sub>1</sub> Шик;
- по количеству завязей в узле: F<sub>1</sub> Алекс, F<sub>1</sub> Амур, F<sub>1</sub> Ардия, F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Герман, F<sub>1</sub> Гренландия, F<sub>1</sub> Каналья, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Конни, F<sub>1</sub> Коринна, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Маша, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Орнелло, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Патти, F<sub>1</sub> Плынь, F<sub>1</sub> Сюзанна, F<sub>1</sub> Тонус, F<sub>1</sub> Черномор;
- по раннеспелости: F<sub>1</sub> Артист, F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Герман, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Наша Маша, F<sub>1</sub> Партнер, F<sub>1</sub> Пасалимо;
- по урожайности: F<sub>1</sub> Брагинка, F<sub>1</sub> Вятский, F<sub>1</sub> Делпина, F<sub>1</sub> Клодин, F<sub>1</sub> Компонист, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Магдалена, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Пасалимо, F<sub>1</sub> Форум;
- по ранней урожайности: F<sub>1</sub> Афина, F<sub>1</sub> Барон, F<sub>1</sub> Брейк, F<sub>1</sub> Герман, F<sub>1</sub> Криспина, F<sub>1</sub> Кузя, F<sub>1</sub> Кураж, F<sub>1</sub> Маринда, F<sub>1</sub> Матильда, F<sub>1</sub> Меренга, F<sub>1</sub> Молодец, F<sub>1</sub> Орфеус, F<sub>1</sub> Пасамонте, F<sub>1</sub> Престиж, F<sub>1</sub> Форум, F<sub>1</sub> Юлий.

### Литература

1. Коротцева, И. Б. Новые сорта огурца селекции ВНИИССОК / И. Б. Коротцева // Овощи России. – 2012. – №4. – С. 56–57.
2. Кушнерева, В. П. Ускоренные методы создания партенокарпических линий огурца разных половых типов для селекции на гетерозис / В. П. Кушнерева // Инновационные технологии в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур. – 2006. – Т. 1. – С. 161–164.
3. Методические указания по селекции огурца / МПОХ СССР; О. В. Юрина [и др.]. – М., 1985. – 55 с.
4. Налобова, В. Л. Основные направления и результаты исследований по селекции короткоплодного партенокарпического огурца для пленочных теплиц / В. Л. Налобова, А. Я.Хлебородов, В. Ф. Гореховский // Земляробства и ахова раслин. – 2011. – № 1. – С. 63–66.

5. Портянкин, А. Д. Создание исходного материала и селекция партенокарпических гибридов огурца для защищенного грунта: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.: 06.01.05 / А. Д. Портянкин; ВНИИССОК. – М., 2006. – 24 с.
6. Пыженков, В. И. Культурная флора. Тыквенные (огурец, дыня) / В. И. Пыженков, М. И. Малинина. – М.: «Колос». – 1994. – 287 с.
7. Ракицкая, Е. В. Исходный материал в основные направления селекции партенокарпического огурца открытого грунта / Е. В. Ракицкая // Овощеводство. – Минск. – 2008. – Т. 13. – С. 107–118.
8. Сироткина, Э. Л. Особенности роста и формирования урожая у партенокарпических сортов огурца: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Э. Л. Сироткина; Моск. с.-х. акад. им К. А. Тимирязева. – М., 1971. – 16 с.
9. Стрельникова, Т. Р. Селекция гетерозисных гибридов огурца / Т. Р. Стрельникова, А. Х. Маштакова, Л. И. Гусева. – Кишинев, 1984. – С. 10–23.
10. Шамшина, А. В. Партенокарпические гибриды F<sub>1</sub> огурца с бугорчатыми плодами для пленочных теплиц / А. В. Шамшина // Гавриш. – 2009. – № 6. – С. 2–6.
11. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ вида *Cucumis sativus* L. – Л., 1980. – 28 с.
12. Fazio, G. Comparative study of marker-assisted and phenotypic selection and genetic analysis of yield components in cucumber: PhD diss. / G. Fazio. – University of Wisconsin Madison, 2001. – 222 p.
13. Ponti, O. M. B. Inheritance of parthenocarpy in pickling cucumbers (*Cucumis sativus* L.) and linkage with other characters / O. M. B. Ponti, F. Garretsen // Euphytica. – 1976. – Vol. 25. – № 3. – P. 633–642.
14. Wenzel, G. Quantitative trait analysis of fruit quality in cucumber: QTL detection, confirmation and comparison with mating-design variation / G. Wenzel, W. C. Kennard, M. J. Havey // Theoretical and Applied Genetics. – 1995. – Vol. 91 (1). – P. 53–61.

УДК 633.358:581.14

## Степень развития корневой системы проростков как критерий для оценки семенной продуктивности и урожайности семян гороха

Ю. И. Кожуро, кандидат биологических наук  
Белорусский государственный университет  
П. А. Пашкевич, научный сотрудник  
Центральный ботанический сад НАН Беларуси  
В. Ч. Шор, кандидат с.-х. наук  
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 21.11.2017 г.)

*В статье приведены результаты анализа морфометрических параметров корневой системы проростков сортов гороха посевного Касабланка, Конто, Айсберг (*Pisum sativum* L.) с усатым типом листа. Определена связь между длиной корешка, количеством боковых корешков, длиной боковых корешков и урожайностью семян. Установлена прямая связь между семенной продуктивностью растений, урожайностью семян и длиной боковых корешков. Выявленная закономерность может быть рекомендована для эффективного отбора сортов с наиболее высоким потенциалом урожайности семян.*

### Введение

Горох – одна из наиболее древних культур. Археологические раскопки свидетельствуют, что его использовали 20 тыс. лет назад наряду с пшеницей, ячменем и просом [11]. Горох – один из главных источников растительного белка для производства комбикормов. Семена гороха содержат до 30 % белка, имеют хорошие вкусовые качества, содержат витамины А, С, группы В [5].

Горох широко распространен в мире и занимал в 2015 г. около 6,93 млн га [14]. В России в 2015 г. в структуре посевных площадей зернобобовые культуры занимали 1 588,3 тыс. га, горох – 941,7 тыс. га (59,3 %), в 2014 г. – 1 596,6 и 960,0 тыс. га (60,1 %) соответственно [9].

В Республике Беларусь горох также является одной из наиболее распространенных зернобобовых культур. Так, в 2011 г. горох занимал 80,9 тыс. га (67,4 % в структуре зернобобовых культур), в 2012 г. – 93,4 тыс. га (60,3 %), в 2014 г. – 76,1 тыс. га (41,6 %) [1, 3, 7, 10].

Широкое распространение гороха можно отчасти объяснить его хорошей адаптивностью, пластичностью. В этом немалая заслуга корневой системы: горох, благодаря проникающим в глубокие слои почвы корням, способен нивелировать губительное действие засухи [13]. Для растений гороха характерна достаточно мощная стержневая корневая система, проникающая в почву до 1,0–1,5 м, с

*The article presents the results of the morphometric analysis of the seedling root systems of pea (*Pisum sativum* L.) of the varieties Casablanca, Konto, Iceberg having the mustachioed leaf type. The relationship between length of the spine, lateral root number, lateral rootlets length and seed yield was detected. A direct relationship was found between seed productivity, seed yield and side root length. The revealed correlation can be recommended for effective selection of varieties with high seed yield potential.*

большим числом боковых корней, которые располагаются преимущественно в верхнем плодородном слое.

Главный корень и боковые корни на ранних этапах органогенеза являются объектами «проростковой» селекции, суть которой заключается в оценке качеств семенного материала по степени развития органов проростков растений, формирующихся в водной культуре [2].

«Проростковая» селекция позволяет проводить отбор с пророщенных семян F<sub>2</sub> гибридов высокопродуктивные растения с необходимыми признаками, а также выделять из коллекций наиболее высокоурожайные сорта.

В ходе проведенных ранее исследований органов проростков гороха определялась зависимость между семенной продуктивностью и степенью развития главного корня, гипокотилия, эпикотилия, ростка, боковых корешков на 7–10-е сутки после замачивания семян в воде [2]. Одни исследователи при проращивании семян гороха рекомендуют использовать в качестве критерия отбора наиболее продуктивных растений длину гипокотилия и боковых корешков [2]. Другие указывают на перспективность отбора по темпу начального роста корешка и ростка, и таким образом был создан в России индетерминантный сорт Темп [2]. Некоторые ученые советуют отбирать растения, у которых отношение длины корня к высоте стебля больше 2,5. В пользу последних говорит факт, что длин-



ный зародышевый корешок гороха может нивелировать губительное действие засухи и увеличивает устойчивость растения к осмотическому стрессу [13].

Ранее было установлено, что урожайность семян сортов гороха зависит в первую очередь от длины бокового корешка проростков и во вторую очередь от числа боковых корешков [2].

Цель настоящих исследований – выяснить на примере трех сортов влияние степени развития корней проростков гороха на урожайность семян и элементы ее структуры.

#### Методика и условия проведения исследований

Объектами исследований являлись 3 коллекционных не районированных в Беларуси зарубежных индетерминантных сорта гороха: Айсберг, Конто и Касабланка. Сорта относятся к виду *Pisum sativum* L. (горох посевной). Айсберг (Iceberg) украинского происхождения. Сорт Конто (Konto) разрешен для использования в Чехии, Германии, Литве, Латвии, Словакии. Касабланка (Casablanca) – сорт немецкой селекции [16].

Для оценки морфофизиологических показателей проростков растений 50 семян каждого сорта проращивали в течение 10 суток в бумажно-полиэтиленовых рулонах на отстоянной водопроводной воде в климатической камере КК-14-50 по методу, описанному в работе Б. С. Лихачева и соавт. [4]. В климатической камере соблюдался следующий режим: фотопериод – 18 часов, дневная температура – 20–21 °С, ночная температура – 14–15 °С, интенсивность освещения – 15 клк. В качестве показателей, характеризующих степень развития органов проростков, использовали следующие параметры: длина корешка, количество боковых корешков и средняя длина бокового корешка одного растения.

Урожайность семян гороха и элементы ее структуры оценивали в питомнике биоэнергетических культур Центрального ботанического сада в условиях вегетационного периода 2016 г. (таблица 1).

Температурные показатели и режим увлажнения в период вегетации растений в годы исследований заметно отличались от средней многолетней нормы. Как следует из данных таблицы 1, май, июнь, июль на 5–17 % были теплее обычного и лишь в июне и октябре среднемесячная температура воздуха незначительно уступала многолетним значениям. При этом отмечался дефицит осадков в мае и июне. В июле наблюдалось обилие осадков.

Таблица 1 – Характеристика вегетационного периода 2016 г.

Месяц	Температура воздуха, °С					Осадки, мм		
	средняя	норма	минимальная	максимальная	% от нормы	сумма	норма	% от нормы
Апрель	6,9	7,2	3,3	11,1	96	48	42	114
Май	15,5	13,3	10,1	21,2	117	55	65	85
Июнь	18,8	16,4	13,4	24,6	115	54	89	61
Июль	19,5	18,5	15,4	25,1	105	124	89	140
Август	18,8	17,5	14,2	24,6	107	46	68	68

Таблица 2 – Морфометрические параметры проростков и элементы структуры урожая семян сортов гороха

Сорт	Длина главного корня, мм	Число боковых корешков, шт.	Длина боковых корешков, мм	Количество			Масса 1000 семян, г	Продуктивность, г	Урожайность, г/м <sup>2</sup>
				продуктивных узлов на растении, шт.	бобов на растении, шт.	семян в бобе, шт.			
Конто	103,0	20,1	24,6	4,7	3,6	3,8	212	3,1	308
Айсберг	106,3	14,6	31,7	3,5	2,8	3,4	250	2,4	239
Касабланка	114,8	14,1	32,6	4,9	3,5	3,8	279	3,7	374
НСР <sub>05</sub>	20,5	2,8	3,5	0,6	0,7	0,6	–	0,9	29

Проростки высаживали 27 апреля в определенной последовательности из расчета 100 шт./м<sup>2</sup>. При посадке корневая система проростков аккуратно во избежание повреждения размещалась в почве. Ширина делянки – 1 м. Междурядие – 20 см. Для преодоления краевого эффекта крайние рядки и края рядков засевали детерминантным усатым сортом Батрак. Тип почвы – дерново-подзолистая супесчаная, мощность A<sub>пах.</sub> – 20 см. Агрохимические показатели почвы были следующими: рН в KCl – 5,06; обеспеченность фосфором – 150 мг/кг, калием – 206 мг/кг; содержание гумуса – 2,47 %. Предшественником гороха являлся чистый пар.

Обработку почвы, внесение удобрений, сев и уход за посевами гороха проводили согласно «Организационно-технологическим нормативам возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» [8]. Полив посевов водой как при посадке проростков, так и в период вегетации не проводился. Уборку гороха и разбор снопов осуществляли вручную.

Статистическую обработку (однофакторный, двухфакторный дисперсионный анализ, корреляцию, регрессию) полученных результатов исследований проводили по общепринятым методам.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Прорастание – один из важнейших этапов в жизни растения гороха. От темпа роста зародышевого корня и формирования достаточного количества боковых хорошо развитых корешков зависит момент перехода проростка от гетеротрофного типа питания к аутотрофному и насколько растение быстро сформирует корневую систему, способную интенсивно поглощать питательные вещества и влагу.

Для усатых сортов гороха, каковыми являются Конто, Айсберг и Касабланка, характерна невысокая устойчивость к засухе [6, 15], поэтому важным фактором в формировании урожайности семян являются длина главного корня, количество и длина боковых корешков у проростка, которые могут оказывать влияние на показатели семенной продуктивности (таблица 2).

По длине главного корня у проростков существенных различий у сортов не наблюдалось, незначительное преимущество по данному параметру имел сорт Касабланка. По числу боковых корешков лидировал сорт Конто. Следует отметить, что особенностями данного сорта являются относительно небольшая длина главного корня про-

ростка и большое число боковых коротких корешков. По длине боковых корешков – наиболее значимому фактору, влияющему на урожайность семян гороха, – преимущество имели Айсберг и Касабланка.

По числу продуктивных узлов сорта Конто и Касабланка имели преимущество над Айсбергом. Конто также значительно превзошел Айсберг по количеству бобов на растении. Наиболее продуктивным по сравнению с Айсбергом оказался сорт Касабланка, который сформировал наибольший урожай семян – 374 г/м<sup>2</sup>.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что между сортами есть различия по семенной продуктивности, и что в пределах одного сорта гороха длина боковых корешков проростков не оказывает влияния на семенную продуктивность. В данном случае следует отметить, что семенная продуктивность (масса семян с одного растения) – комплексный параметр, который зависит от числа продуктивных узлов, бобов на растении, количества семян в бобе, массы 1000 семян (таблица 3). По этой причине искать взаимосвязь длины боковых корешков с семенной продуктивностью некорректно и значительно проще определить параметр структуры урожайности, в наибольшей степени влияющий на продуктивность растений, и сопоставить данный показатель с длиной боковых корешков у проростков сортов.

По данным таблицы 3 видно, что количество продуктивных узлов, бобов на растении, число семян в бобе в значительной мере (с вероятностью 99 %) определяют семенную продуктивность растений у сортов гороха. Чтобы разобраться, насколько влияют такие параметры, как количество бобов на растении, число семян в бобе и количество продуктивных узлов на семенную продуктивность, был проведен регрессионный анализ (таблица 4).

По данным таблицы 4 видно, что продуктивность сорта Айсберг на 90 % зависела от трех составляющих урожайности семян (в порядке убывания силы влияния): количества бобов на растении, числа семян в бобе и количества продуктивных узлов. Если по числу семян Айсберг уступил другим сортам незначительно, то малое количество бобов и продуктивных узлов способствовали снижению семенной продуктивности данного сорта. Малое число продуктивных узлов не позволило растению данного сорта реализовать хорошие параметры корневой системы проростков и сформировать большее количество бобов. Небольшое число семян в бобе также способствовало снижению семенной продуктивности растений.

Семенная продуктивность сорта Конто на 79 % зависела от количества бобов на растении и семян в бобе. По этим параметрам данный сорт находился на одном уровне с сортом Касабланка, однако незначительно уступил ему по продуктивности. Относительно короткий главный корень и большое число коротких боковых корешков у проростков сорта Конто снизили крупность и, как следствие, массу 1000 семян (таблица 2).

Наилучшие показатели корневой системы у проростков сорта Касабланка способствовали реализации потенциала семенной продуктивности посредством формирования наибольшего количества продуктивных узлов на растении и семян в бобе.

Сложность подобных исследований заключается в том, что каждый сорт гороха имеет свою сортовую агротехнику и оптимальную структуру урожайности семян (норма высева, количество бобов и семян в бобе, масса 1000 семян), которые в процессе создания сорта определены селекционером. По этой причине высокие морфометрические характеристики проростков могут способствовать повышению продуктивности и урожайности семян в целом, а не отдельных элементов ее структуры. Указанное особенно актуально при отборах растений из гибридной популяции, оценке линий, образцов и создании нового сорта. Учитывая сказанное выше, можно утверждать, что быстрый начальный темп главного и боковых корешков у проростков гороха способствует повышению потенциальной урожайности семян сорта, а селекционер в ходе создания сорта определяет ее элементы (количество продуктивных узлов, бобов на растении, число семян в бобе, массу 1000 семян).

**Заключение**

Проведенные в 2016 г. исследования морфометрических параметров проростков и элементов структуры урожайности позволили сделать следующие выводы.

1. Морфометрические параметры корневой системы проростков гороха не оказывают прямого влияния на число продуктивных узлов, бобов на растении, количество семян в бобе.
2. Длина боковых корешков у проростков оказывает влияние на семенную продуктивность растений гороха.

**Литература**

1. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск, 2013. – С. 183.

**Таблица 3 – Корреляция между семенной продуктивностью растений сортов гороха и элементами структуры урожая семян**

Параметр	Коэффициент корреляции с семенной продуктивностью		
	Конто	Айсберг	Касабланка
Количество продуктивных узлов	0,66*	0,81*	0,77*
Количество бобов на растении	0,80*	0,84*	0,73*
Количество семян в бобе	0,55*	0,72*	0,82*

Примечание – \*Достоверны при  $p = 0,01$ .

**Таблица 4 – Зависимость семенной продуктивности растений сортов гороха от элементов структуры урожая семян**

Сорт	Уравнение зависимости	R <sup>2</sup>
Конто	$Y = -2,42 + 0,63 \cdot x_1 + 0,66 \cdot x_2$	0,79
Айсберг	$Y = -2,33 + 0,61 \cdot x_1 + 0,53 \cdot x_2 + 0,33 \cdot x_3$	0,90
Касабланка	$Y = -4,94 - 0,411 \cdot x_1 + 1,26 \cdot x_2 + 1,35 \cdot x_3$	0,91

Примечание – Y – семенная продуктивность,  $x_1$  – количество бобов на растении,  $x_2$  – число семян в бобе,  $x_3$  – количество продуктивных узлов.

- Пашкевич, П. А. Использование степени развития органов проростков для оценки потенциальной урожайности гороха (*Pisum sativum* L.) в агроклиматических условиях Беларуси / П. А. Пашкевич, Ю. И. Кожуро // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 5 (102). – С. 27–30.
- Кукреш, Л. В. Роль зернобобовых культур в оптимизации кормопроизводства для крупного рогатого скота / Л. В. Кукреш, Т. И. Дубовцова // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 5 (90). – С. 9.
- Лихачев, Б. С. Перспективы «проростковой» селекции люпина / Б. С. Лихачев, А. С. Якушева, Н. В. Новик // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3. – С. 47.
- Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства [Электронный ресурс] / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов // Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы». – Режим доступа: [http://ebooks.grsu.by/pochva\\_s\\_osn\\_rast/glava-6-zernovye-bobovye-kultury.htm](http://ebooks.grsu.by/pochva_s_osn_rast/glava-6-zernovye-bobovye-kultury.htm). – Дата доступа: 03.02.2017.
- Новикова, Н. Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха / Н. Е. Новикова // Вестник Орел ГГАУ. – 2012. – № 1. – С. 55–57.
- Об итогах уборки урожая зерна в Республике Беларусь (к республиканскому фестивалю-ярмарке тружеников села «Дажынки – 2013») / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2013. – С. 6–8.
- Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / НПЦ Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2012. – С. 155–166.
- Посевные площади основных растениеводческих культур в России в 2001-2015 гг. [Электронный ресурс] // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. – 2017. Режим доступа: <http://ab-centre.ru/page/rastenievodstvo-rossii>. – Дата доступа: 01.02.2017.
- Результаты испытания сортов озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных культур на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2010–2012 годы / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2012. – С. 159–166.
- Рубцова, С. Н. Формирование высокопродуктивных основных и промежуточных посевов гороха на черноземах Саратовского Правобережья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / С. Н. Рубцова. – Саратов, 2006. – С. 9.
- Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2016: статистический сборник [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – 2017. Режим доступа: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnayaostatistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_5313/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnayaostatistika/publications/izdania/public_compilation/index_5313/). – Дата доступа: 01.02.2017.
- Соболева, Г. В. Использование физиологических методов в селекции гороха на засухоустойчивость / Г. В. Соболева, В. Н. Уваров // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 37–39.
- Статистическая база данных FAOSTAT [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН ФАО. – 2017. – Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>. – Дата доступа: 01.02.2017.
- Шукис, Е. Р. Сортовой потенциал гороха // Е. Р. Шукис, С. К. Шукис // Аграрная тема. – 2013. – № 12. – С. 21.
- Common catalogue of varieties of agricultural plant species // Official EN Journal of the European Union. – 2010. – № 29. – S. 139–149.

УДК 633.367.2:631.524.02:631.559

## Корреляции между количественными признаками у желтого люпина

Г. И. Витко, кандидат с.-х. наук

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 15.01.2018 г.)

*В статье дана оценка коллекционного материала желтого люпина по количественным признакам и выделены сорта, отличающиеся лучшим сочетанием элементов структуры урожайности.*

*Установлены сильные прямые корреляции между числом бобов и семян на центральной кисти и растении, массой семян с растения, числом мутовок ( $r = 0,736-0,955$ ), а также слабые обратные корреляции – между элементами структуры урожайности и массой тысячи семян ( $r = -0,027- -0,235$ ).*

*Рассчитаны коэффициенты детерминации, позволяющие определить зависимость одного признака от другого.*

### Введение

В Беларуси ведется селекция желтого люпина, так как среди зернобобовых культур этот вид люпина имеет особое значение для развития экологического земледелия, увеличения производства высокобелковых и энергонасыщенных кормов.

В настоящее время в Государственный реестр сортов включено всего 2 сорта желтого люпина. Районированные сорта и имеющиеся коллекционные образцы обладают достаточно высоким уровнем продуктивности, имеют различные типы ветвления, устойчивы к полеганию и болезням, что способствует сохранению урожая семян. Урожайность лучших сортов люпина в передовых хозяйствах республики превышает 50–60 ц/га [1, 2, 3].

Большое внимание уделяется изучению исходного материала как при создании новых сортов, так и при улучшении уже существующих. Для выявления лучших доноров и перспективных кандидатов в новые сорта может быть полезен статистический анализ возможно большего количества признаков [4, 5, 6, 7, 8].

В селекционной работе изучение связей между признаками играет важную роль, поскольку они могут опре-

*The estimation of collection material of yellow lupine on the quantitative characteristics and the varieties, featuring the best combination of elements of seed productivity, are given in the article.*

*The strong direct correlations between the number of beans and seeds on the central brush and the whole plant, seed weight per plant, number of whorls ( $r = 0,736-0,955$ ) and the weak reverse correlations between the elements of seed productivity and mass of thousand seeds ( $r = -0,027- -0,235$ ) are determined.*

*The coefficients of determination which allow defining the dependence one characteristic of another one are calculated.*

делять направление отбора при создании новых сортов. Наиболее интересными являются количественные признаки, связь которых может быть обусловлена либо генетическим сцеплением, либо физиологическими взаимосвязями [4, 5].

Коэффициенты корреляции являются наиболее удобным показателем для изучения взаимной зависимости количественных признаков. Исследования корреляций представляют интерес при создании адаптивных генотипов и получении требуемых характеристик продуктивности [4, 5, 8]. Для отбора высокопродуктивных генотипов большое значение имеет знание закономерностей формирования продуктивности растений. В полной мере это относится и к культуре люпина, у которого продуктивность растений в сильной степени зависит от сочетания элементов структуры [3, 4].

Для желтого люпина основными элементами структуры урожайности являются число продуктивных кистей и мутовок, количество бобов и семян на растении, масса семян с растения и масса 1000 семян. Сбор урожая с единицы площади в конечном итоге складывается из количества растений на этой площади и их продуктивности.



В литературе недостаточно данных о взаимосвязях количественных признаков у желтого люпина. В большинстве случаев были определены коэффициенты корреляции между несколькими признаками небольшого числа образцов. Поэтому в задачу наших исследований входили следующие виды работ: 1) оценка коллекционного материала по элементам структуры урожайности; 2) определение коэффициентов корреляции; 3) анализ связей между 10 признаками у сортов желтого люпина.

**Условия и методика исследований**

Полевые опыты по изучению сортов желтого люпина по элементам структуры урожайности в коллекционном питомнике проводили в течение 2015–2017 гг. на опытной поле кафедры селекции и генетики Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Почва опытного участка по агрохимическим показателям вполне пригодна для возделывания желтого люпина. Метеорологические условия в годы проведения исследований также способствовали объективной оценке сортов желтого люпина по хозяйственно-биологическим признакам.

В течение трех лет нами анализировались количественные показатели по 17 сортам желтого люпина. Статистически обработаны данные по следующим показателям: высота растения (ВР), число продуктивных кистей (ЧПК), число мутовок (ЧМ), число бобов с центральной кисти (ЧБЦК), число бобов с растения (ЧБР), число семян с центральной кисти (ЧСЦК), число семян с растения (ЧСР), число семян в бобе (ЧСБ), масса семян с растения (МСР), масса 1000 семян (МТС).

Корреляции между элементами структуры урожайности изучались с помощью корреляционно-регрессионного анализа по Б. А. Доспехову [6].

При изучении корреляционных связей возникают два основных вопроса – о тесноте связи и форме связи. По форме корреляция может быть линейной и криволинейной, по направлению – прямой и обратной. В качестве числового показателя корреляции, указывающего на тесноту и направление связи между признаками, используют коэффициент корреляции *r*. Считается, что при  $r < \pm 0,3$  корреляционная зависимость между признаками слабая, при  $r$  от  $\pm 0,3$  до  $\pm 0,7$  – средняя, а при  $r > \pm 0,7$  – сильная [6, 7].

Существенность корреляционной связи была оценена по критерию существенности коэффициента корреляции  $t_r$ .

Для установления доли изменений, которые зависят в данном случае от изучаемого фактора, рассчитывали коэффициент детерминации  $d\%$ . Коэффициент детерминации является более непосредственным и прямым способом выражения зависимости одной величины от другой, и в этом отношении он предпочтительнее коэффициента корреляции [6, 7, 8].

**Результаты исследований и их обсуждение**

Нами проведена оценка коллекционных сортов желтого люпина по количественным признакам (таблица 1). Видно, что сорта отличаются между собой по ряду признаков, и в связи с тем, что они относились к двум, различающимся по типам ветвления, группам – со смешанным и эпигональным ветвлением, то сравнение их по всем

**Таблица 1 – Оценка сортов желтого люпина по количественным признакам (2015–2017 гг.)**

Сорт	Высота расте-ний, см	Приходится на 1 растение, шт.						Число семян в бобе, шт.	Масса семян с расте-ния, г	Масса 1000 семян, г	
		продук-тивных кистей	мутовок		бобов		семян				
			ц/к	ц/к	ц/к	ц/к	ц/к				ц/к
Роднянский	51,5	1,7	3,1	10,5	12,2	36,6	43,7	3,6	5,7	129,9	
Академический 1	61,3	1,9	3,2	12,4	14,3	51,3	58,1	4,1	7,5	129,1	
Академический 352	62,6	1,4	3,1	10,8	13,1	45,3	54,3	4,2	6,5	120,2	
Престиж	60,6	1,6	3,1	10,5	12,0	43,5	48,4	4,0	6,2	129,0	
Круглик	58,6	1,2	3,3	12,2	12,7	47,9	49,1	3,9	5,9	120,0	
Демидовский	53,2	1,1	3,0	11,5	11,7	43,4	44,2	3,8	5,9	134,1	
Припять	55,3	1,8	2,8	10,1	11,9	39,9	46,9	3,9	5,6	119,8	
Орбит	54,4	1,5	3,0	10,7	11,3	39,4	40,5	3,6	4,9	120,6	
Михась	57,1	1,2	2,9	9,5	9,9	34,9	35,7	3,6	4,6	129,4	
Мотив 369	56,3	1,1	3,0	10,1	10,4	38,5	39,2	3,8	4,7	121,1	
Ресурс 720	55,5	1,3	3,2	11,3	12,1	43,6	46,0	3,8	5,9	129,0	
Пингвин	60,3	1,3	3,6	12,8	14,3	48,0	53,4	3,7	6,7	124,8	
Крок	53,7	1,1	2,4	8,2	8,6	29,6	30,9	3,6	3,9	127,6	
Миф	61,8	1,1	3,1	12,1	12,3	46,9	47,2	3,8	6,7	142,1	
Надежный	57,6	1,7	3,4	11,9	14,5	45,1	53,3	3,7	6,7	126,4	
Вита	59,2	1,6	2,9	10,8	11,7	46,3	49,0	4,2	6,2	126,2	
Сонейка	63,6	1,3	2,8	10,3	10,7	38,4	40,2	3,7	5,3	131,2	
$\bar{x} + 3S_{\bar{x}}$	57,8 $\pm 0,87$	1,4 $\pm 0,06$	3,1 $\pm 0,06$	10,9 $\pm 0,25$	12,0 $\pm 0,34$	42,3 $\pm 1,25$	45,9 $\pm 1,55$	3,8 $\pm 0,04$	5,8 $\pm 0,20$	127,1 $\pm 1,28$	
$V\%$	6,2	18,8	8,5	10,7	13,2	13,2	15,4	5,1	15,7	4,6	

признакам проводилось со средним значением по сортам. Достоверное превышение отмечалось в том случае, если значение признака у сорта превышало величину  $\bar{x} + 3S_{\bar{x}}$ .

Средняя высота растений желтого люпина составила 57,8 см. Превышение по этому показателю отмечено у сортов Академический 1, Академический 352, Престиж, Миф, Сонейка (60,6–63,6 см).

Продуктивная кустистость у сортов желтого люпина составила в среднем 1,4 кисти. Большое число продуктивных кистей (1,9 шт.) отмечено у сорта Академический 1.

Число мутовок на центральной кисти у сортов желтого люпина составило в среднем 3,1 шт. Превышение выявлено по 2 сортам (3,3–3,4 шт.) – Круглик и Надежный.

Среднее число бобов на центральной кисти у сортов желтого люпина – 10,9 шт., семян – 42,3 шт. По числу бобов и семян достоверное превышение отмечено у сортов Академический 1, Круглик, Миф (12,1–12,4 шт. бобов и 46,9–51,3 шт. семян). По какому-либо одному показателю (число бобов или семян с центральной кисти) достоверно превышали величину  $\bar{x} + 3S_{\bar{x}}$  сорта Пингвин (12,8 шт. бобов), Надежный (11,9 шт. бобов) и Вита (46,3 шт. семян).

Среднее число бобов и семян на растение у сортов желтого люпина составило 12,0 и 45,9 шт. соответственно. По числу бобов и семян достоверное превышение отмечено у сортов Академический 1, Академический 352, Пингвин, Надежный (13,1–14,5 шт. бобов и 53,3–58,1 шт. семян).

По количеству семян в бобе у сортов желтого люпина значительных различий не выявлено. Высокая озернен-

ность бобов (4,0–4,2 шт.) наблюдалась у сортов Академический 1, Академический 352, Престиж, Вита при среднем значении 3,8 шт.

Наибольшая масса семян с растения (6,5–7,5 г) отмечена у сортов Академический 1, Академический 352, Крок, Миф, Надежный при среднем значении 5,8 г.

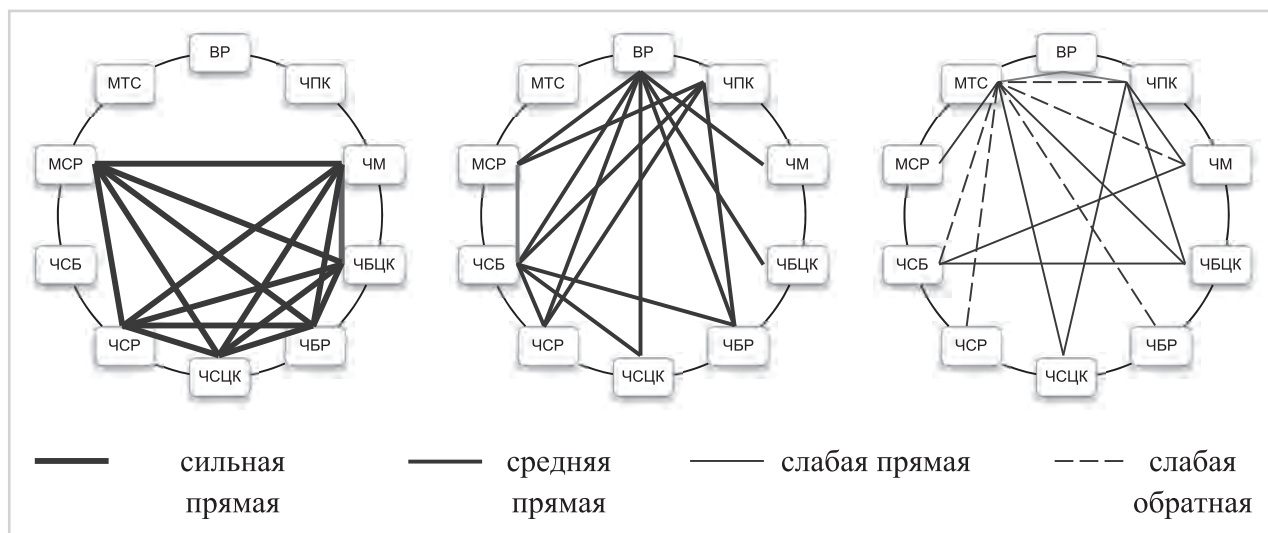
Масса 1000 семян у желтого люпина составила в среднем 127,1 г. Наиболее крупные семена (131,2–142,1 г) формировались у сортов Демидовский, Миф, Сонейка.

Таким образом, между изучаемыми сортами желтого люпина имеются существенные различия по высоте, числу продуктивных кистей и мутовок, числу бобов и семян, массе семян с растения и массе 1000 семян. По результатам трехлетних исследований по семенной продуктивности лучшими оказались сорта Академический 1, Академический 352, Пингвин, Надежный, Миф, а также Круглик, Престиж и Сонейка.

Фенотипические корреляции между признаками позволяют оценить степень связи между органами растений, а также между отдельными признаками, что дает возможность контролировать изменение признаков и делать прогноз их поведения в тех случаях, когда на них не направлен отбор [2, 3].

Установление корреляций между количественными признаками осуществлялось по средним значениям признаков (таблица 2, рисунок).

У желтого люпина сильные корреляции отмечены между 15 парами признаков. Так, между числом мутовок и числом бобов на центральной кисти коэффициент



Корреляции между количественными признаками у желтого люпина

Таблица 2 – Корреляции между количественными признаками у желтого люпина

Показатели	ЧПК	ЧМ	ЧБЦК	ЧБР	ЧСЦК	ЧСР	ЧСБ	МСР	МТС
ВР	0,027*	0,306*	0,378*	0,358*	0,550*	0,498*	0,582	0,522*	0,126*
ЧПК		0,165*	0,165*	0,512*	0,267*	0,536*	0,316*	0,460*	-0,235*
ЧМ			0,892	0,872	0,765	0,756	0,111*	0,736	-0,027*
ЧБЦК				0,877	0,912	0,810	0,253*	0,842	0,144*
ЧБР					0,850	0,947	0,345*	0,914	-0,055*
ЧСЦК						0,913	0,616	0,913	0,046*
ЧСР							0,627	0,955	-0,092*
ЧСБ								0,574	-0,134*
МСР									0,208*

Примечание – \*Коэффициент корреляции существенен на уровне значимости 0,01.

**Таблица 3 – Коэффициенты детерминации между количественными признаками у желтого люпина**

Показатели	ЧМ	ЧПК	ЧБЦК	ЧБР	ЧСЦК	ЧСР	ЧСБ	МСР	МТС
<b>ВР</b>	0,1	9,4	14,3	12,8	30,2	24,8	33,9	27,2	1,6
<b>ЧПК</b>		2,7	2,7	26,2	7,1	28,7	10,0	21,2	5,5
<b>ЧМ</b>			79,6	76,1	58,6	57,1	1,2	54,1	0,1
<b>ЧБЦК</b>				76,8	83,2	65,6	6,4	70,9	2,1
<b>ЧБР</b>					72,2	89,7	11,9	83,6	0,3
<b>ЧСЦК</b>						83,4	38,0	83,4	0,2
<b>ЧСР</b>							39,3	91,1	0,8
<b>ЧСБ</b>								32,9	1,8
<b>МСР</b>									4,3

корреляции составил 0,892; между числом мутовок, числом бобов с центральной кисти и числом бобов с растения – 0,872–0,877; между числом мутовок, числом бобов с центральной кисти, числом бобов с растения и числом семян с центральной кисти  $r = 0,765–0,912$ ; между элементами структуры урожайности (кроме числа продуктивных кистей) и числом семян с растения  $r = 0,756–0,947$ ; между элементами структуры урожайности (кроме числа продуктивных кистей) и массой семян с растения  $r = 0,736–0,955$ .

Средние корреляции установлены между высотой растений и элементами структуры урожайности (кроме числа продуктивных кистей и массы тысячи семян) ( $r = 0,306–0,582$ ); между числом бобов с растения, числом семян с растения, числом семян в бобе, массой семян с растения и числом продуктивных кистей ( $r = 0,316–0,536$ ); между числом бобов с растения, числом семян с центральной кисти, числом семян с растения и числом семян в бобе ( $r = 0,345–0,627$ ); между числом семян с боба и массой семян с растения ( $r = 0,574$ ).

Слабые прямые корреляции установлены между 10 парами признаков. Так, коэффициенты корреляции между числом продуктивных кистей, массой тысячи семян и высотой растений составили 0,027–0,126; между числом мутовок, числом бобов с центральной кисти, числом семян с центральной кисти и числом продуктивных кистей – 0,165–0,267; между числом мутовок, числом бобов с центральной кисти и числом семян в бобе – 0,111–0,253; между числом бобов с центральной кисти, числом семян с центральной кисти, массой семян с растений и массой 1000 семян – 0,046–0,208. Слабые обратные корреляции установлены между элементами структуры урожайности (число продуктивных кистей, число мутовок, число бобов и семян с растения, число семян в бобе) и массой тысячи семян ( $r = -0,027– -0,235$ ).

Коэффициенты детерминации между количественными признаками, показывающие, насколько один признак зависит от другого, приведены в таблице 3.

Так, число семян с центральной кисти более чем на 83 % зависит от числа бобов с центральной кисти. Число семян с растения на 83–90 % зависит от числа бобов с растения и числа семян с центральной кисти. Масса семян с растения на 83–91 % зависит от числа бобов с растения, числа семян с центральной кисти и растения.

Более чем на 50 % число бобов с центральной кисти зависит от числа мутовок, число бобов с растения – от числа мутовок и числа бобов с центральной кисти, число семян с центральной кисти – от числа мутовок и числа бобов с растения – от числа мутовок и числа бобов с центральной кисти, масса семян с растения – от числа мутовок и числа бобов с центральной кисти.

Практически не зависит число мутовок от высоты растений ( $r^2 = 0,1$  %), число мутовок – от высоты растения и числа продуктивных кистей ( $r^2 = 2,7–9,4$  %), число бобов с центральной кисти – от числа продуктивных кистей ( $r^2 = 2,7$  %), число семян с центральной кисти – от числа мутовок и числа бобов с центральной кисти ( $r^2 = 1,2–6,4$  %), масса 1000 семян – от других элементов структуры урожая семян и высоты растений ( $r^2 = 0,1–5,5$  %).

**Выводы**

Итак, количественные признаки в той или иной степени связаны между собой, поэтому изменение одного из компонентов системы может повлечь целую цепочку изменений. В связи с этим корреляции необходимо учитывать при выборе соответствующей стратегии проведения отбора, гибридизации и других селекционных приемов.

В селекционных программах может быть использован ряд образцов желтого люпина, перспективных по семенной продуктивности (Академический 1, Академический 352, Пингвин, Надежный, Миф, а также Круглик, Престиж и Сонейка).

Изучение коллекции желтого люпина показало, что основными компонентами урожайности являются число бобов и семян на центральной кисти и растения, масса семян с растения, а также число мутовок.

Все корреляции между этими признаками положительные. Большинство из выявленных связей остаются стабильными по годам.

Для выявления адаптивных и стабильных генотипов необходимо изучение корреляций между количественными признаками у желтого люпина в различных экологических условиях.

**Литература**

1. Тарануха, Г. И. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур / Г. И. Тарануха. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 420 с.
2. Витко, Г. И. Оценка сортов узколистного люпина и выявление доноров апробационных и хозяйственно полезных признаков / Г. И. Витко // Вестник БГСХА. – 2014. – № 1. – С. 64–71.
3. Витко, Г. И. Корреляции между количественными признаками у сортов узколистного люпина с различными типами ветвления / Г. И. Витко // Вестник Белорус. гос. с.-х. академии. – 2017. – № 4.
4. Дадеркина, Д. И. Варьирование признаков и фенотипические корреляции у образцов коллекции узколистного люпина / Д. И. Дадеркина // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2007. – № 2. – С. 62–65.
5. Куркина, Ю. Н. Корреляционные связи количественных признаков кормовых бобов / Ю. Н. Куркина, И. К. Ткаченко // Зерновое хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 23–24.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
7. Шмидт, В. И. Математические методы в ботанике / В. И. Шмидт. – Л.: ЛГЦ. – 1984. – 288 с.
8. Grafius, J. K. Multiple characters and correlated response / J. K. Grafius // Crop Sci., 1978. – Vol. 18, № 6. – P. 931–934.



## Влияние солевого стресса на каллусогенез рыжика ярого

И. А. Любченко, аспирант, А. И. Любченко, кандидат с.-х. наук,

Л. О. Рябовол, доктор с.-х. наук

Уманский национальный университет садоводства, Украина

(Дата поступления статьи в редакцию 24.01.2018 г.)

*Изучено токсическое действие хлорида натрия на каллусную ткань рыжика ярого. Установлена зависимость выживания эксплантов, ростовых и морфогенных показателей клеточных линий от уровня засоления и сортовых особенностей культуры. Оптимальной для отбора *in vitro* солеустойчивых генотипов рыжика ярого является 1,25 % концентрация NaCl в питательной среде, при этом уровень выживания биоматериалов составил 2,3–18,2 %. Наиболее солеустойчивыми оказались микрокаллусы сортов Степной 1 и Пэрэмога.*

*В процессе клеточной селекции отобран исходный материал *in vitro* рыжика ярого с разным уровнем солеустойчивости.*

### Введение

Рыжик — ценная масличная культура, дающая сырьё для технического и продовольственного использования. Семена рыжика содержат до 45 % масла с высокой долей олеиновой, линолевой, линоленовой жирных кислот и низким (не более 1,6–2,2 %) содержанием эруковой, которое обладает лечебными и диетическими свойствами и рекомендуется при сердечно-сосудистых заболеваниях и сахарном диабете [1]. Рыжиковое масло в основном используется в технических целях для производства смазочных материалов, пластмасс, лаков, красок, мыла [2]. Имея высокую калорийность сырья (содержание энергии в семенах, масле и соломе соответственно составляет 26,4, 38,2 и 17,7 Дж/г), рыжик нашёл применение и как энергетическая культура [3]. Технологичность рыжикового масла делает его ценным источником для производства биодизеля и авиационного топлива [4]. Короткий период вегетации, устойчивость к болезням и вредителям позволяет возделывать эту культуру в разных почвенно-климатических зонах с минимальными затратами, а высокая стоимость сырья делает выращивание рыжика высококонтрабельным [2, 6].

Для дальнейшего увеличения объёмов производства рыжика актуальным направлением является создание высокоурожайных, устойчивых к негативным факторам среды сортов.

Значительный ущерб аграрному производству наносит засоление почвы. В Украине эти почвы занимают площадь 1,9 млн га, из них 1,7 млн га — сельскохозяйственного использования [7]. Высокие концентрации солей вызывают у растений физиологические и биохимические изменения: возрастает активность ферментов, расщепляющих белки; снижается интенсивность фотосинтеза и меняется энергетический обмен клеток; нарушаются коллоидно-химические свойства цитоплазмы [8]. Все это влечёт снижение жизнеспособности и продуктивности растений. Создание и внедрение в производство адаптивных сортов является основным условием для эффективного ведения растениеводства в зонах с неблагоприятными условиями. Кроме того, засоление оказывает на растение идентичное стрессовое воздействие что и водный дефицит, поэтому солеустойчивые формы характеризуются повышенной засухоустойчивостью.

Создание стрессовых условий *in vitro* даёт возможность отобрать устойчивые к негативному воздействию внешних факторов растительные формы. При этом применение биотехнологических методов позволяет моделировать влияние стрессового агента и более точно

*The toxic effect of sodium chloride on the callus tissue of camelina sativa was studied. The correlation of survive explants, growth and morphogenetic characteristics of the cell lines between level salinity and varietal features of the culture was identified. The 1,25 % NaCl concentration in the nutrient medium is the best for selection *in vitro* of salt tolerance genotypes of camelina, wherein the survival level of biomaterials was 2,3–18,2 %. The most salt tolerant were the microcallus of varieties of Stepnyi 1 and Peremoha.*

*The using of selective culture was selected salt tolerance callus lines of camelina sativa.*

исследовать его влияние на биообъект, контролировать физические и трофические параметры выращивания растительного материала. Этого трудно достичь при работе с интактными растениями [9].

Целью нашей работы было изучение влияния солевого стресса на каллусную ткань сортов рыжика ярого и создание на базе соматклональной изменчивости *in vitro* устойчивых к солевому стрессу клеточных линий.

### Методика и условия проведения исследований

Исследования проводили в биотехнологической лаборатории Уманского национального университета садоводства. В качестве исходного материала использовали каллусную ткань массой 30–35 мг рыжика ярого, индуцированную с растений сортов Степной 1, Пэрэмога, Евро 12 и Клондайк. Для создания селективного фона модифицированную питательную среду Мурасиге-Скуга дополняли солями NaCl в концентрациях 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 %.

Культивирование биоматериала проводили при 16-часовом фотопериоде с интенсивностью освещения 4 кЛк, температурном режиме 20–24 °С, относительной влажности воздуха 75 %. Продолжительность одного пассажа составляла 25–30 суток.

Солеустойчивость исследуемых биоматериалов определяли по показателям выживания микрокаллусов, интенсивности пролиферации и сохранения регенерационной способности в селективных условиях.

Для определения интенсивности нарастания каллусной ткани микрокаллусы взвешивали в начале и в конце пассажа. Относительный прирост исчисляли по формуле:

$$\Delta W = \frac{W_t - W_0}{W_0},$$

где  $\Delta W$  — относительный прирост;  $W_0$  — масса микрокаллуса в начале пассажа;  $W_t$  — масса микрокаллуса в конце пассажа.

Прирост биомассы в стрессовых условиях исчисляли в процентах к контролю (росту каллусных тканей на среде без селективного фактора). Морфогенные характеристики биоматериалов определяли визуально. Морфогенно активными идентифицировали структурированные без разрыхленных участков микрокаллусы желтого или светло-желтого цвета с зелеными очагами.

### Результаты исследований и их обсуждение

Одним из условий успешного проведения клеточной селекции *in vitro* является определение оптимальной

концентрации селективного агента для отбора резистентных форм. Для этого каллусная ткань различных сортов рыжика ярого с высокими морфогенными показателями была высажена на питательную среду с разной концентрацией хлорида натрия.

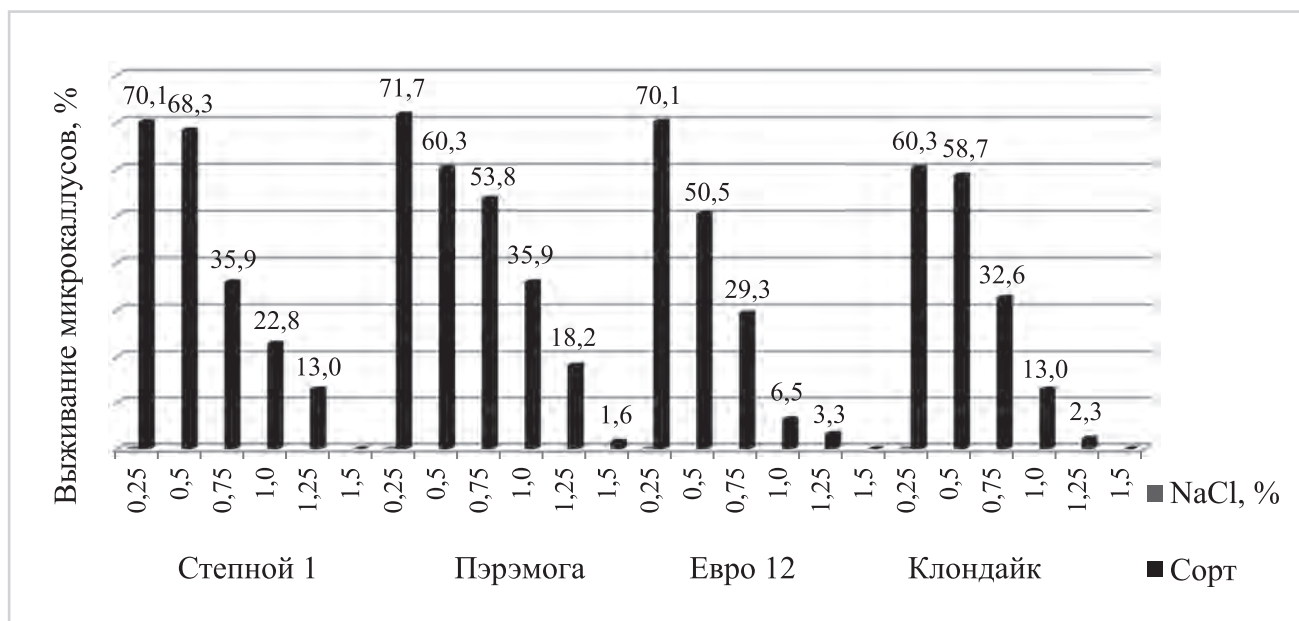
Хлоридное засоление создает сильное стрессовое давление на каллусные клетки рыжика. После четырёх-пяти суток культивирования материала в условиях засоления отмечено потемнение биомассы, потеря структуры и снижение показателей пролиферации. В дальнейшем фиксировали некроз несолеустойчивых форм (рисунок 1).

Присутствие в питательной среде хлорида натрия в концентрации 0,25 % приводило к гибели 28,3–29,9 % микрокаллусов у сортов Пэрэмога, Степной 1 и Евро 12, а для сорта Клондайк этот показатель составил 39,7 %. При повышении концентрации селективного агента до 0,5 % количество выживших биоматериалов составило 50,5–68,3 % при минимальном значении у сорта Евро 12, максимальном – Степной 1. Засоление субстрата на уровне 0,75 % понижало выживание каллусной ткани для сортов Степной 1, Евро 12 и Клондайк до 29,3–35,9 %,

для сорта Пэрэмога — до 53,8 %. Ранжировку генотипов рыжика ярого за уровнем солеустойчивости целесообразно проводить при концентрации NaCl выше 1,0 %. При 1,0%-ной концентрации хлорида натрия в питательной среде уровень сохранения жизнеспособности каллусной ткани для сортов Пэрэмога и Степной 1 соответственно составил 35,9 и 22,8 %, для сортов Евро 12 и Клондайк – 6,5 и 13,0 %.

Для каллусной ткани сортов Клондайк, Евро 12 и Степной 1 пределом солеустойчивости является концентрация NaCl 1,25 %, при этом показатель выживания эксплантов составил соответственно 2,3, 3,3 и 13,0 %. Наиболее солеустойчивым оказался каллус сорта Пэрэмога. При 1,25 % концентрации соли в питательной среде 18,2 % микрокаллусов сохраняли показатели жизнеспособности, а при 1,5 % концентрации – 1,6 %.

На степень устойчивости генотипов к стрессовому фактору указывает уровень прироста биомассы в селективных условиях. Изучаемые сорта рыжика ярого отличались показателями пролиферации каллусной ткани как в контрольном варианте, так и в стрессовых условиях культивирования (таблица).

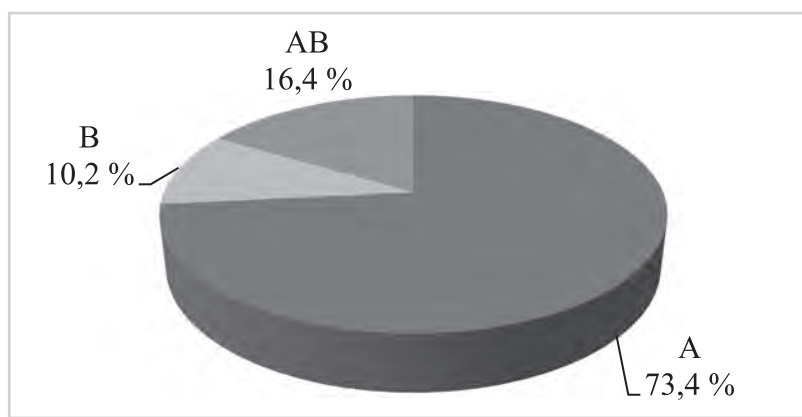


**Рисунок 1 – Влияние концентрации хлорида натрия и генотипа исходного материала на жизнеспособность микрокаллусов рыжика ярого**

**Влияние концентрации хлорида натрия на интенсивность пролиферации каллусной ткани рыжика ярого**

Концентрация NaCl, % (фактор А)	Сорт (фактор В)							
	Степной 1		Пэрэмога		Евро 12		Клондайк	
	ΔW	%	ΔW	%	ΔW	%	ΔW	%
0,0	9,2±1,8	100	8,6±1,4	100	3,5±1,2	100	4,0±1,6	100
0,25	8,7±1,4	94,5	7,2±1,3	83,7	2,9±1,1	82,9	3,8±1,1	95,0
0,5	2,7±0,8	29,3	3,1±1,2	38,8	1,7±0,8	48,6	2,9±1,2	72,5
0,75	1,3±0,4	14,1	1,6±0,5	18,6	1,3±0,6	44,8	1,5±0,9	37,5
1,0	1,2±0,1	13,0	1,3±0,3	15,1	0,6±0,4	17,1	0,6±0,3	15,0
1,25	0,7±0,1	7,6	0,9±0,3	10,5	0,2±0,1	6,9	0,2±0,1	5,0
1,5	0,0	0,0	0,3±0,2	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0

НСР<sub>05</sub>: А — 0,23; В — 0,17; АВ — 0,46



**Рисунок 2 – Влияние исследуемых факторов на интенсивность пролиферации каллусной ткани рыжика ярого в условиях солевого стресса**

Примечание – Фактор А – концентрация хлорида натрия в питательной среде; фактор В – генотип растения-донора экспланта; АВ – взаимодействие факторов.

Наиболее высокий относительный прирост каллусной ткани отмечен у сортов Степной 1 (9,2) и Пэрэмога (8,6). Интенсивность нарастания биомассы сортов Евро 12 и Клондайк была намного ниже и соответственно составила 3,5 и 4,0 пункта. При минимальном уровне засоления питательной среды (0,25 %) в зависимости от генотипа показатели интенсивности каллусогенеза снижались на 5,0–17,1 %. Большинство микрокаллусов характеризовалось высокими морфогенными показателями. При 0,5 % концентрации хлорида натрия более 60 % поверхности каллусной ткани имели светло желтый цвет и структурированную консистенцию. Относительный прирост биомассы составил 1,7–3,1 пункта. В данном варианте наибольшее снижение темпов прироста каллусной ткани по отношению к контролю отмечено у сорта Степной 1, наименьшее – у сорта Клондайк. Повышение концентрации селективного агента до 0,75 % вызывало снижение пролиферации на 55,2–85,9 % (относительный прирост составлял 1,3–1,6 пункта) и угнетение регенерационной способности биоматериала. При наличии хлорида натрия в питательной среде в концентрации 1,0 % прирост каллусной ткани рыжика ярого сортов Степной 1 и Пэрэмога соответственно составил 1,2 и 1,3 (13,0–15,1 % от контроля), а морфогенный потенциал сохранялся на удовлетворительном уровне. При этой концентрации засоления относительный прирост биомассы у сортов Евро 12 и Клондайк не превышал 0,6 пункта. Микрокаллусы имели низкие регенерационные способности – ткань приобретала рыхлую консистенцию, меристематически активные очаги составляли менее 10 % поверхности экспланта.

Хлоридное засоление в концентрации 1,25 % вызывало сильное угнетение пролиферации и морфогенных свойств каллусной ткани рыжика ярого. Интенсивность нарастания биомассы снижалась на 95,0–89,5 %, относительный прирост каллуса сортов Евро 12 и Клондайк был низким (0,2 пункта), микрокаллусы резко снижали способность к морфогенезу. У сортов Степной 1 и Пэрэмога прирост биомассы соответственно составил 0,7 и 0,9 пункта. Незначительное количество микрокаллусов сорта Пэрэмога хотя и сохраняли способность к пролиферации (относительный прирост – 0,3 пункта) при 1,5 % концентрации NaCl, но имели низкие морфогенные показатели.

Сравнительный анализ влияния исследуемых факторов (генотип и концентрация хлорида натрия) на показатели пролиферации каллусной ткани рыжика ярого в условиях солевого стресса представлен на рисунке 2.

На основе трехфакторного дисперсионного анализа было установлено, что хотя каллусная ткань исследуемых сортов рыжика ярого отличалась по уровню солеустойчивости, на показатели жизнеспособности биоматериала наибольшее влияние имела концентрация селективного агента в питательной среде (73,4 %). Уровень влияния генотипа донорного материала составил 10,2 %, взаимодействие изучаемых факторов – 16,4 %.

### Выводы

Установлено, что хлорид натрия создаёт сильное стрессовое действие на клеточную культуру рыжика ярого. Селекцию *in vitro* на солеустойчивость целесообразно проводить при 1,25 % концентрации NaCl в питательной среде. При этом уровне засоления показатель выживания каллусной ткани изучаемых сортов составил 2,3–18,2 %. В процессе исследований отобраны соматоклональные варианты рыжика ярого с высоким уровнем солеустойчивости, которые могут быть использованы для создания адаптивных сортов культуры.

### Литература

1. Жирно-кислотный состав масла семян рыжика озимого / В. А. Куркин [и др.] // Фармация. – 2013. – № 6. – С. 30–32.
2. Семенова, Е. Ф. Масличный рыжик: биология, технология, эффективность / Е. Ф. Семенова, В. И. Буянкин, А. С. Тарасов. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2007. – 82 с.
3. Каленська, С. М. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України / С. М. Каленська, А. В. Юник // Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2011. – № 2. – С. 90–96.
4. Рижий посівний як альтернатива ріпаку ярому для виробництва біодизеля / М. Д. Мельничук [та ін.] // Наукові доповіді НУБіП України. – 2012. – № 2 (31). – С. 1–9.
5. Коник, Г. С. Урожайність рижю порівняно з ярими олійними культурами / Г. С. Коник, А. М. Лихочвор // Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. – 2016. – № 11. – С. 46–49.
6. Екологічний стан ґрунтів України / С. А. Балюк [та ін.] // Український географічний журнал. – 2012. – № 2. – С. 38–42.
7. Ісаєнко, С. В. Фізіологічні та молекулярні аспекти сольового стресу рослин / С. В. Ісаєнко // Цитология и генетика. – 2012. – Т. 46. – № 5. – С. 50–71.
8. Сергеева, Л. Е. Изменение культуры клеток под действием стресса / Л. Е. Сергеева. – К.: Логос, 2001. – 99 с.
9. Любченко, І. О. Використання культури *in vitro* в адаптивній селекції рослин / І. О. Любченко, Л. О. Рябовол, А. І. Любченко // Збірник наукових праць УНУС. – 2016. – № 88. – С. 126–139.



## Ферментативная диагностика почвы и ее применение для нормирования нагрузки по удобрениям

В. В. Лапа, доктор с.-х. наук, Н. А. Михайловская, кандидат с.-х. наук,  
Т. В. Погирницкая, младший научный сотрудник  
Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 20.02.2018 г.)

*Ферментативная диагностика – важный элемент экологического менеджмента почв для количественной оценки влияния антропогенных факторов, в том числе удобрений, на их биологический статус. Цель ферментативной диагностики – определение активности ключевых гидролитических и окислительных ферментов, ответственных за процессы гумификации и минерализации, формирующие плодородие почв, для их сравнения, выявления дисбаланса с целью сохранения плодородия почв.*

### Введение

Сохранение плодородия пахотных почв республики, основную часть которых составляют дерново-подзолистые почвы, – приоритетная экологическая задача [1–3]. Для ее решения требуется диагностика потенциальных рисков снижения их плодородия при интенсивной антропогенной нагрузке, прежде всего по удобрениям, которые существенно влияют на агрохимические, агрофизические и биологические свойства почв. В связи с этим возрастает экологическая значимость исследований биологического статуса почв, как основного критерия оценки изменений плодородия под влиянием антропогенных факторов [4–6].

Для исследований биологического состояния почв используется широкий спектр показателей. Однако для диагностических целей наиболее важны данные по активности ключевых биохимических процессов, регулирующих плодородие – минерализации и гумификации органических веществ [4–6]. При интенсивной антропогенной нагрузке необходимо контролировать способность почвы поддерживать эти функции. Учитывая то, что процессы минерализации и гумификации являются биохимическими по природе, для такого контроля наиболее приемлема ферментативная диагностика.

Главные источники поступления ферментов в почву – микроорганизмы и растения [7]. В почвах обнаружены представители всех известных классов ферментов, но решающую роль играют два класса – гидролитические и окислительные ферменты, выполняющие критические функции – минерализацию и гумификацию органических веществ [4, 5, 6].

Веским аргументом в пользу ферментативной диагностики является быстрая реакция на антропогенное воздействие, что позволяет своевременно регистрировать негативные экологические тенденции [6]. Преимущество состоит также в большей стабильности ферментативных показателей по сравнению с другими биологическими характеристиками [4, 6]. Значительную часть ферментного пула почвы составляют внеклеточные ферменты, находящиеся в стабилизированном состоянии за счет прочных связей с ее минеральными и органическими компонентами [5, 8]. Стабилизированные ферменты устойчивы к протеолизу, защищены от инактивации, длительно сохраняют активность и функционируют при неблагоприятных условиях.

Цель работы – показать потенциальные возможности ферментативной диагностики на примере исследований, проведенных на дерново-подзолистых почвах легкосуглинистого гранулометрического состава.

*Enzyme diagnostics is an important element of ecological soil management for the quantitative estimation of anthropogenic factors (including fertilizers) effect on soil biological status. Main purpose of enzyme diagnostics is the measurement of key hydrolytic and oxidation enzymes activities responsible for humification and mineralization of organic substances, compartment and detection of their imbalance in order to save soil fertility status.*

### Объекты и методы исследований

Биохимические исследования были проведены в длительном стационарном опыте Института почвоведения и агрохимии на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Щемяслица) в зернотравяном севообороте.

Схема опыта включала одностороннее применение трех доз азота  $N_{18}$ ,  $N_{36}$  и  $N_{54}$ , парные комбинации элементов питания  $N_{36}P_{30}$ ,  $N_{36}K_{66}$  и  $P_{30}K_{66}$ , полное минеральное удобрение  $N_{54}P_{60}K_{132}$  и вариант с дробным внесением азота –  $*N_{54}P_{60}K_{132}$ . Органические удобрения внесены общим фоном – 8 т/га севооборотной площади. Севооборот зернотравяной: пелюшко-овсяная смесь – озимое тритикале с подсевом клевера – клевер луговой первого г. п. – клевер луговой второго г. п. – яровая пшеница. Повторность – 4-кратная. Общая площадь делянки – 69 м<sup>2</sup>, учетная – 43 м<sup>2</sup>.

Ферментативная диагностика почвы проведена по гидролитическим (инвертаза и уреазы) и окислительным (полифенолоксидаза и пероксидаза) ферментам. Активность ферментов определяли в воздушно-сухих почвенных образцах. Для определения активности инвертазы применяли колориметрический метод Т. А. Щербаковой (субстрат сахароза) [5]. Уреазную активность почвы определяли по методу Т. А. Щербаковой (субстрат мочевины) [5]. Для определения активности почвенных оксидаз, полифенолоксидазы и пероксидазы использован колориметрический метод Л. А. Карягиной, Н. А. Михайловской (субстрат гидрохинон) [9].

### Результаты исследований и их обсуждение

Для диагностических целей целесообразно использовать ферментативные показатели, тесно связанные с органическим веществом – основополагающим фактором плодородия почвы, определяющим ее физические, химические и биологические свойства. Необходимо учитывать, что для объективной характеристики биологического статуса следует базироваться на универсальных и агрономически значимых биохимических процессах, регулирующих минерализацию и гумификацию в циклах биогенных элементов.

Известно, что наиболее масштабные минерализационные процессы, формирующие плодородие почвы, – это аммонификация в цикле азота и разложение целлюлозы в цикле углерода [4]. Наиболее значимый процесс, ведущий к образованию органического вещества, – гумификация лигнинов растительных остатков в цикле углерода [4, 11–14].

Активность фермента – количественная характеристика скорости протекания конкретного биохимического

процесса, которая выражается количеством превращенного субстрата за единицу времени на единицу массы почвы. Соотношение скоростей протекания минерализационных и гумификационных процессов показывает направленность трансформации органических веществ и позволяет определять тенденции изменения плодородия под влиянием антропогенных факторов.

**Ферментативные показатели скорости минерализации.** Одним из широко применяемых тестов ферментативной диагностики для характеристики биологического состояния почвы является ее *инвертазная активность*. Основание для использования активности инвертазы – ее критическая роль в высвобождении низкомолекулярных сахаров. По данным Д. Г. Звягинцева, для диагностики способности почвы накапливать усвояемые структурные единицы наиболее целесообразно использовать активность ферментов завершающих стадий гидролиза, когда образуются конечные продукты [4, 10]. Инвертаза – один из немногих ферментов, определение активности которого в лабораторных условиях проводится с ее естественным субстратом. Инвертазная активность тесно положительно коррелирует с содержанием органического вещества в почве. По средним данным, ее связь с гумусом характеризуется  $R^2 = 0,90$ , с активным органическим веществом –  $R^2 = 0,92$  ( $P \leq 0,05$ ) [5].

Количественным показателем скорости минерализации азотсодержащих органических соединений (аммонификации) и накопления минерального азота, доступного для питания растений, служит *уреазная активность*. Азот, входящий в состав белков и их производных, в результате аммонификации переходит в минеральную форму и становится доступным для растений. На завершающих стадиях аммонификации, обеспечивающих непосредственное поступление аммония в почву, действуют амидогидролазы, к которым относится уреазы. Основанием для использования активности уреазы является ее критическая роль в высвобождении аммония из органических азотсодержащих соединений. В пользу выбора уреазной активности в качестве диагностического показателя способности почвы к минерализации органического азота свидетельствует и то, что в лабораторных условиях активность фермента определяют с его естественным субстратом. Корреляционно-регрессионный анализ указывает на тесную положительную корреляцию активности уреазы с содержанием активной и инертной фракций органического вещества. По средним данным, связь активности уреазы с гумусом характеризуется  $R^2 = 0,75$ , с активным органическим веществом –  $R^2 = 0,79$  ( $P \leq 0,05$ ) [5].

**Ферментативные показатели скорости гумификации.** Наиболее универсальным и масштабным процессом, ведущим к синтезу органических веществ, является гумификация лигнинов растительных остатков [4, 11–14]. По современным представлениям, начальные стадии гумификации лигнинов носят окислительный характер [12–14], что обусловлено их трудной гидролизуемостью. Катализаторами окисления лигнина признаны оксидазы – *полифенолоксидазы* (ПФО) и *пероксидазы* (ПО), окисляющие ароматические соединения до хиноидных структур [5, 6, 11–14], способных вступать в реакции конденсации (окислительной полимеризации) с азотсодержащими соединениями (аминокислотами и пептидами) с образованием гуминовых кислот [11, 13, 14].

В почве окислительная полимеризация ароматических соединений протекает двумя путями: при участии кислорода воздуха (ПФО) и за счет кислорода перекиси водорода (ПО). Основанием для использования активности оксидаз в качестве диагностических показателей служит их тесная положительная корреляция с содержанием гумуса. По средним данным, коэффициенты детерминации

$R^2$  составили: для пероксидазы – 0,90, для полифенолоксидазы – 0,82 ( $P \leq 0,05$ ) [6].

**Биохимическая оценка направленности трансформации органических веществ почвы.** При изучении влияния антропогенных факторов на плодородие почв решающую роль играет оценка соотношения скоростей гумификации и минерализации, которая выявляет их баланс или дисбаланс и способствует определению приемов экологически оптимального воздействия на почвы. Для этого энзиматические показатели группируют по направленности действия ферментов. Относительную скорость минерализации (%) рассчитывают по активности гидролитических ферментов циклов С и N (инвертазы и уреазы), скорость гумификации (%) – по активности окислительных ферментов (полифенолоксидазы и пероксидазы). Для сравнительного анализа энзиматических показателей, выраженных в разных единицах измерения, изучаемые характеристики оцениваются в относительных единицах (%) по отношению к контрольному варианту [15].

В длительном стационарном опыте проведена ферментативная диагностика дерново-подзолистых почв легкосуглинистого гранулометрического состава по ключевым гидролитическим и окислительным ферментам (таблица 1), установлены биохимические показатели скорости минерализации и гумификации (таблица 2). Для интерпретации данных ферментативной диагностики использован биохимический коэффициент ( $K_6$ ), представляющий собой соотношение скоростей протекания гумификационных (Г) и минерализационных (М) процессов. Расчеты биохимических коэффициентов позволяют устанавливать направленность изменения плодородия почвы под действием антропогенных факторов. Снижение биохимического коэффициента ( $K_6 < 1$ ) указывает на преобладание минерализационных процессов (сдвиг в сторону минерализации органических веществ), его повышение ( $K_6 > 1$ ) свидетельствует о более активном протекании гумификации (сдвиг в сторону гумификации органических веществ). Относительный баланс гумификации и минерализации наблюдается при значениях  $K_6$  близких к единице (таблица 2).

Сравнительный анализ данных ферментативной диагностики по результирующему показателю – биохимическому коэффициенту  $K_6$  и продуктивности севооборота позволил сделать следующие заключения:

- сбалансированность процессов гумификации и минерализации отмечена на фоне внесения навоза – 8 т/га севооборотной площади ( $K_6 = 0,98$ );
- одностороннее применение азотных удобрений на фонах навоза приводило к сдвигу в сторону преобладания минерализации, скорость которой повышалась с увеличением дозы азота; при внесении  $N_{18}$ ,  $N_{36}$  и  $N_{54}$  биохимические коэффициенты снижались до 0,92, 0,86 и 0,82 соответственно;
- парные комбинации элементов питания в разной степени снижали биохимический коэффициент; экологически наиболее приемлемо сочетание  $P_{30}K_{66}$  ( $K_6 = 0,92$ ); комбинация  $N_{36}K_{66}$  резко активизировала минерализацию ( $K_6 = 0,77$ );
- применение  $N_{54}$  в полном минеральном удобрении  $N_{54}P_{60}K_{132}$  приводило к дальнейшему снижению биохимического коэффициента  $K_6$  до 0,74;
- дробное внесение азота  $*N_{54}P_{60}K_{132}$  экологически более целесообразно, при этом отмечался сберегающий уровень минерализации, а биохимический коэффициент  $K_6$  возрастал до 0,85.

### Заключение

Ферментативная диагностика служит важным элементом экологического менеджмента почв, позволяющим количественно оценивать влияние антропогенных

Таблица 1 – Влияние удобрений на ферментативную активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (Щемяслица, 2011–2013 гг.)

Вариант	Продуктивность, ц/га к. ед.	Уреаза, мг N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /кг	Инвертаза, мг глюкозы/кг	ПФО, мг хинона/кг	ПО, мг хинона/кг
Без удобрений	93,4	149,1	1279	34,0	32,4
Навоз, 8 т/га – фон	103,9	158,9	1504	37,7	35,6
N <sub>18</sub>	113,6	165,2	1589	36,7	35,3
N <sub>36</sub>	116,3	168,0	1842	37,4	36,2
N <sub>54</sub>	115,0	169,4	1917	40,3	37,2
N <sub>36</sub> P <sub>30</sub>	119,1	168,0	2218	38,9	36,7
N <sub>36</sub> K <sub>66</sub>	120,7	190,8	2238	40,1	37,6
P <sub>30</sub> K <sub>66</sub>	118,1	170,3	2110	43,2	42,8
N <sub>54</sub> P <sub>60</sub> K <sub>132</sub>	123,8	210,0	2929	47,9	42,0
*N <sub>54</sub> P <sub>60</sub> K <sub>132</sub>	126,2	193,2	1995	43,8	36,6
HCP <sub>05</sub>	6,25	18,51	283,4	2,92	4,64

Таблица 2 – Влияние удобрений на активность минерализации (М) и гумификации (Г) в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Щемяслица, 2011–2013 гг.)

Вариант	Минерализация, %			Гумификация, %			K <sub>бх</sub> = (Г %/М %) )
	уреаза	инвертаза	М, %	ПФО	ПО	Г, %	
Без удобрений	100	100	100	100	100	100	1,00
Навоз, 8 т/га – фон	107	118	113	111	110	111	0,98
N <sub>18</sub>	111	124	118	108	109	109	0,92
N <sub>36</sub>	113	144	129	110	112	111	0,86
N <sub>54</sub>	114	150	132	119	115	117	0,82
N <sub>36</sub> P <sub>30</sub>	113	173	143	114	113	114	0,87
N <sub>36</sub> K <sub>66</sub>	128	175	152	118	116	117	0,77
P <sub>30</sub> K <sub>66</sub>	115	165	140	127	132	130	0,92
N <sub>54</sub> P <sub>60</sub> K <sub>132</sub>	141	229	185	141	130	136	0,74
*N <sub>54</sub> P <sub>60</sub> K <sub>132</sub>	130	156	143	129	113	121	0,85

факторов, в том числе удобрений, на их биологический статус. Данные ферментативной диагностики позволяют сравнивать скорости протекания гумификационных и минерализационных процессов, формирующих плодородие почв.

Для интерпретации данных ферментативной диагностики предлагается результирующий показатель – биохимический коэффициент K<sub>бх</sub>, выявляющий дисбаланс ключевых биохимических процессов, гумификации и минерализации органических веществ, что позволяет своевременно регистрировать потенциальные риски снижения плодородия почв.

На основании выполнения ферментативной диагностики и расчета биохимических коэффициентов можно заключить, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве экологически наиболее обоснована система удобрения, ориентированная на поддержание баланса фосфора и калия с дробным внесением азота N<sub>54</sub> на фоне P<sub>60</sub>K<sub>132</sub>, которая обеспечивала наиболее высокую продуктивность зернотравяного севооборота (126,2 ц/га к. ед.) при сберегающем уровне минерализации органических веществ и K<sub>бх</sub> = 0,85.

**Литература**

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016) / Институт почвоведения и агрохимии // Под общ. ред. И. М. Богdevича. – Минск, 2017. – 275 с.
2. Лапа, В. В. Плодородие почв Республики Беларусь, проблемы и перспективы / В. В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1(44). – С. 7–14.

3. Лапа, В. В. Активность процессов минерализации и гумификации в высокоокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от применения удобрений / В. В. Лапа, Н. А. Михайловская // Доклады НАН Беларуси. – 2015. – Том 59. – № 5. – С. 122–128.
4. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.
5. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
6. Биохимические и микробиологические критерии оценки плодородия почв и нормирования антропогенной нагрузки: метод. рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии»; В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2015. – 40 с.
7. Ladd, J. N. Origin and range of enzymes in soil / J. N. Ladd // Soil Enzymes / Ed. R. G. Burns. – Academic Press; London, 1978. – P. 51–96.
8. Boyd, S. A. Enzyme interactions with clays and clay-organic matter complexes / S. A. Boyd, M. M. Mortland // Soil Biochemistry. – New York: Marcel Dekker, 1990. – P. 1–28.
9. Карагіна, Л. А. Вызначэнне актыўнасці поліфенолаксидазы і пераксидазы ў глебе / Л. А. Карагіна, Н. А. Міхайлоўская // Весці АН БССР. Сер. с/г навук. – 1986. – № 2. – С. 40–41.
10. Звягинцев, Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–52.
11. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – С. 122–133.
12. Kirk, T. K. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin / T. K. Kirk, R. L. Ferrell // Annu. Rev. Microbiol. – 1987. – V. 41. – P. 465–505.
13. Гулько, А. Е. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность / А. Е. Гулько, Ф. Х. Хазиев // Почвоведение. – 1992. – № 11. – С. 55–67.
14. Хазиев, Ф. Х. Некоторые свойства гумус-пероксидазного комплекса / Ф. Х. Хазиев, А. Е. Гулько // Почвоведение. – 1990. – № 2. – С. 30–36.
15. Ацци, Ж. Сельскохозяйственная экология / Ж. Ацци. – М.: Ил., 1959. – 479 с.



## Влияние регулярных дозовых нагрузок жидких органических удобрений на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их поступление в растениеводческую продукцию

Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, А. В. Юхновец, И. И. Касьяненко, кандидаты с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 23.03.2018г.)

Представлены данные по влиянию длительного воздействия жидких органических удобрений на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их накопление в растениях, определены приоритетные загрязнители (Zn, Cu, Mn, Fe). Ежегодное внесение этих удобрений в дозах от 100–200 до 900–1000 т/га увеличило концентрацию подвижных форм Fe в почвах на 16–227 %, Cu – на 11–211 %, Zn – на 23–379 %, Mn – на 42–139 %. В сельскохозяйственных культурах накопление Fe при дозах от 200–300 до 900–1000 т/га увеличилось на 10–66 %, Cu – на 13–69 %, Zn – на 29–113 %, Mn – на 18–269 %.

### Введение

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды в настоящее время являются предприятия индустриального животноводства вследствие высокой концентрации поголовья животных на ограниченных площадях. На сегодняшний день в Республике Беларусь функционирует 198 животноводческих комплексов, в т. ч. 78 комплексов по откорму КРС и 120 свинокомплексов. Общая численность поголовья крупного рогатого скота на выращивание и откорм в сельскохозяйственных организациях составляет 4188,1 тыс., свиней – 2734,5 тыс. голов [1]. Внедрение на таких предприятиях технологии бесподстилочного содержания животных способствует ежегодному выходу более 12 млн т жидкого навоза и навозных стоков (без учета технологической воды), что составляет около 25 % от общего количества экскрементов всей животноводческой отрасли. Главным способом утилизации этих отходов в подавляющем большинстве случаев является использование их в качестве органических удобрений. Научой и практикой доказано, что при соблюдении рекомендуемых доз и технологии внесения жидкие органические удобрения являются эффективным способом улучшения плодородия почв и повышения продуктивности культур [2–7]. Однако в республике большинство комплексов не обеспечены необходимым объемом навозохранилищ, некоторые не имеют достаточных площадей сельскохозяйственных земель для экологически безопасной утилизации жидких органических удобрений и ограничены наличием технических средств. Кроме того, в силу субъективных и объективных причин в условиях реального производства эти удобрения в основном вносятся в радиусе 5–6 км от животноводческих комплексов. В результате нагрузка жидких органических удобрений на 1 га пахотных земель в отдельных сельскохозяйственных организациях составляет 600 тонн и более. Неоснованно высокие дозы их применения на ограниченной территории могут привести не только к избыточному накоплению макроэлементов в почве, но и способствовать повышению содержания тяжелых металлов [8–11]. В настоящее время в республике отсутствует достаточно полная информация об изменении содержания подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах, подвергающихся воздействию интенсивных дозовых нагрузок жидких органических удобрений, а также их нако-

*The data on the effect of prolonged exposure to liquid organic fertilizers on the content of heavy metals in sod-podzolic soils and their accumulation in plants, identified priority pollutants (Zn, Cu, Mn, Fe). The annual application of these fertilizers in doses of 100–200 to 900–1000 t/ha increased the concentration of mobile forms of Fe in soils at 16–227 %, Cu – 11–211 %, Zn – 23–379 %, Mn – 42–139 %. In agricultural cultures the accumulation of Fe at doses of 200–300 to 900–1000 t/ha increased by 10–66 %, Cu – in 13–69 %, Zn – 29–113 %, Mn – 18–269 %.*

пления в растениеводческой продукции, что актуализировало необходимость проведения данных исследований.

Цель исследований – установить влияние длительного применения жидкого навоза КРС и свиных навозных стоков на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их поступление в сельскохозяйственные культуры.

### Методика и объекты исследований

В качестве объектов исследования были использованы дерново-подзолистые почвы в зоне влияния животноводческих комплексов и возделываемые на них сельскохозяйственные культуры. Комплексные работы включали маршрутное обследование сельскохозяйственных земель Столбцовского, Миорского и Браславского районов в 2016–2017 гг.

Отбор образцов почв и растений проводили сопряженно в производственных посевах в 5 разных точках с расстоянием 150–200 м между ними с площадок размером 0,25 м<sup>2</sup>. Растительные образцы зерновых культур и яровой рапса отбирали в фазе полной спелости зерна (семян), кукурузы на зеленую массу – в фазе молочно-восковой спелости зерна, многолетних трав – в фазе выметывания метелки – начало колошения. На всех сельскохозяйственных землях для отбора растительных и почвенных образцов без нагрузки жидких органических удобрений и при их внесении выбирали участки, расположенные в сходных условиях рельефа и в пределах той же почвенной разности. Дозы жидких органических удобрений под многолетние травы – 200–300 и 300–400 т/га вносили в два приема под 1-й и 2-й укосы; при дозе 900–1000 т/га многолетние травы возделывали по 2-му году последствия жидкого навоза КРС, ежегодно вносимого в течение 24 лет. Под зерновые культуры, кукурузу и яровую рапс жидкие органические удобрения внесены в летне-осенний период после уборки предшественника; под озимые тритикале и пшеницу урожая 2016 г. жидкий навоз КРС в дозе 900–1000 т/га и свиные навозные стоки в дозе 700–800 т/га последний раз внесены в 2014 г. под предшественник (кукуруза в монокультуре).

В отобранных пробах содержание тяжелых металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрометре ICE 3000 Series [12]. Для экстракции подвижных форм тяжелых

металлов из почвы использовали ацетатно-аммонийный буфер (рН 4,8). Содержание тяжелых металлов в растениях определяли в зольном остатке после сухой минерализации при температуре 525–530 °С. Для количественной характеристики степени загрязнения почв или растений тяжелыми металлами использовали коэффициент техногенной концентрации элемента, который показывает во сколько раз содержание определяемого металла в почве, подвергающейся воздействию жидких органических удобрений, и в растении на ней произрастающем превышает его содержание в компонентах без нагрузок –  $K_c = C_i/C_f$ . Дополнительно произведен расчет суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ), который равен сумме  $K_c$  и выражен формулой (где  $n$  – число суммируемых элементов при  $K_c > 1$ ):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1)$$

Оценку загрязнения дерново-подзолистых почв в зоне влияния животноводческих комплексов подвижными формами тяжелых металлов осуществляли согласно методическим указаниям [13]:  $Z_c < 16$  – допустимое загрязнение;  $Z_c = 16–32$  – умеренно опасное;  $Z_c = 32–128$  – опасное; растений – в соответствии с градацией, предложенной Р. Ф. Байбековым [и др.]:  $Z_c < 3$  – слабая степень загрязнения;  $Z_c = 3–10$  – средняя;  $Z_c > 10$  – сильная [14]. Для характеристики интенсивности накопления тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами использовали коэффициент биологического поглощения:  $КПБ = C_{расм}/C_{вал.}$ , где  $C_{расм.}$  – концентрация металла в золе растения, мг/кг;  $C_{вал.}$  – валовое содержание элемента в почве, мг/кг.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Для почв Республики Беларусь предельно допустимые концентрации (ПДК) подвижных форм тяжелых металлов составляют (мг/кг): медь (Cu) – 3, цинк (Zn) – 23, марганец (Mn) – 60–100 (в зависимости от показателя рН), кадмий (Cd) – 0,5, свинец (Pb) – 6, никель (Ni) – 4, кобальт (Co) – 5, хром (Cr) – 6 [15, 16]. Установлено, что в дерново-подзолистых почвах, не подвергающихся воздействию жидких органических удобрений, подвижных соединений хрома содержалось 0,09–0,52 мг/кг, Pb – 0,35–0,77, Cd – не более 0,05 мг/кг. Количество подвижных форм Ni в почвах без нагрузок было на уровне 0,12–0,65 мг/кг, не

превышая 0,30 мг/кг в большинстве отобранных образцов; концентрация подвижного Co варьировала от 0,08 до 0,35 мг/кг, при этом около 75 % всех значений лежит в области до 0,20 мг/кг. По результатам маршрутного обследования не установлено различий в содержании подвижных форм Cd, Pb, Ni, Cr и Co в почвах при регулярных нагрузках жидких органических удобрений от 100–200 до 500–600 т/га и без их внесения. Несмотря на довольно длительный период воздействия, наблюдаемые изменения не превышали 10 %, что, по-видимому, обусловлено довольно низким их содержанием в используемых навозных стоках свиней и жидкого навоза КРС. Анализ органических удобрений, отобранных в период проведения исследований, показал, что в зависимости от их вида и дозы внесения ежегодно на 1 гектар почв в среднем поступало всего 2–10 г кадмия, 11–200 г свинца, 111–703 г никеля, 20–124 г кобальта. Дополнительное накопление отмечено только в почвах пахотных земель Браславского района, где в течение 21–26 лет ежегодно вносили свиные навозные стоки в дозе 700–800 т/га и жидкий навоз КРС из расчета 900–1000 т/га: прирост по Pb составил 17 %, Ni – 18–21 %, Co – 12–16 %, Cr – 18–20 %.

Проведенные исследования показали, что в Браславском и Миорском районах количество подвижных соединений железа в дерново-подзолистых почвах на фоне ежегодных дозовых нагрузок жидкого навоза КРС 100–200 т/га на протяжении 26–30 лет увеличилось на 16–21 %, марганца – на 42–55 %, меди – на 11–13 %, цинка – на 23–27 % (таблица, рисунок 1).

При дозовой нагрузке жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы от 500–600 до 900–1000 т/га в обследуемых хозяйствах прирост в содержании подвижных форм Fe составил 2,1–17,0 мг/кг (40–227 %), Mn – 5,9–17,2 мг/кг (53–139 %), Cu – 0,08–0,71 мг/кг (62–211 %). Наибольшая прибавка в содержании подвижных форм из всех изучаемых тяжелых металлов отмечена для Zn (213–379 %) при максимальном показателе в супесчаной почве на фоне ежегодных нагрузок свиных навозных стоков 700–800 т/га в течение 21 года (количество его подвижных соединений увеличилось на 570 %). Более высокий уровень накопления подвижного цинка в этой почве, по-видимому, обусловлен разным его содержанием в применяемых удобрениях. Так, согласно нашим расчетам, ежегодно на 1 гектар почвы со свинными

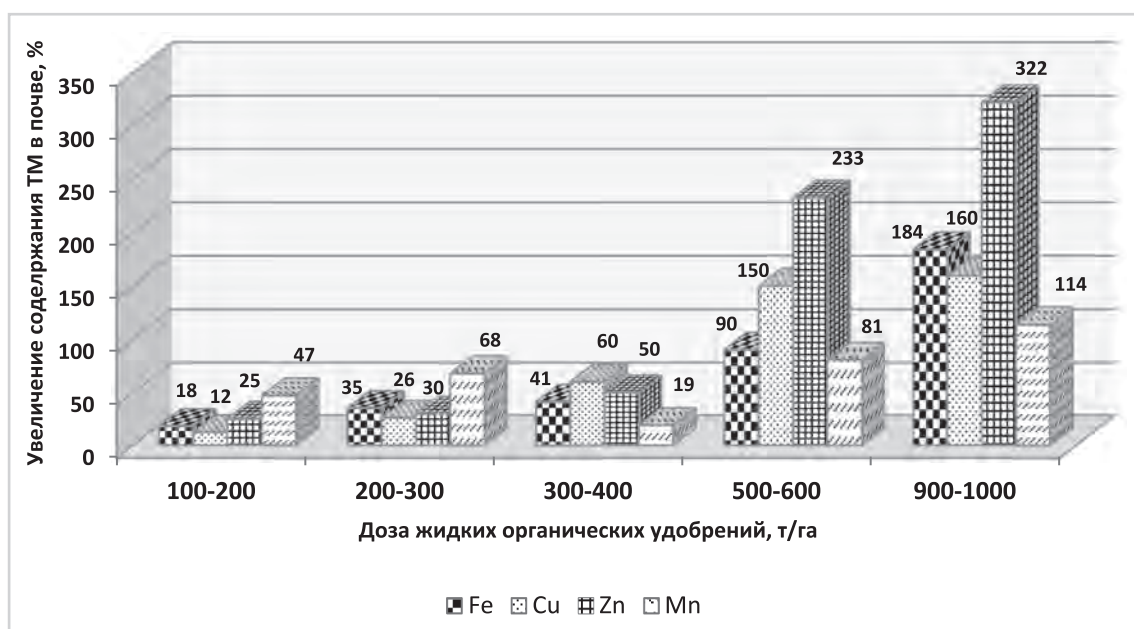


Рисунок 1 – Средние значения увеличения содержания подвижных форм Fe, Cu, Zn и Mn в дерново-подзолистых почвах при регулярных дозовых нагрузках жидких органических удобрений в течение 20–30 лет, %

Влияние регулярных нагрузок жидких органических удобрений на содержание подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их поступление в сельскохозяйственные культуры

Почва	Культура	Срок внесения, лет	Нагрузка жидких ОУ*, т/га в год	Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг почвы				Содержание тяжелых металлов в растениях, мг/кг сухого вещества				
				Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn	
<i>Комплекс по откорму КРС, Браславский район</i>												
Суглинистая	кукуруза, з/м**	–	б/н***	5,7	0,09	1,20	12,3	38,9	2,49	16,1	12,3	
		26	900–1000	18,8	0,28	5,39	29,5	64,5	4,22	29,0	25,2	
	озимое тритикале	зерно	–	б/н	5,6	0,12	1,07	10,4	28,7	3,90	20,7	9,1
		солома							49,4	1,62	6,3	5,0
	25	зерно	900–1000 (1-й год посл.)	17,2	0,36	5,13	22,4	35,1	5,02	29,5	15,0	
		солома						66,0	2,18	9,6	10,0	
	мн. травы**** (2-й укос)	–	б/н	10,3	0,22	1,15	15,8	80,9	6,67	13,6	15,1	
24		900–1000 (2-й год посл.)	22,3	0,37	3,89	29,5	109,1	9,18	21,8	26,4		
<i>Свинокомплекс, Браславский район</i>												
Супесчаная	озимая пшеница	зерно	–	б/н	6,2	0,34	0,89	11,9	35,7	2,57	15,0	10,0
		солома							66,7	1,65	4,7	5,9
	21	зерно	700–800 (1-й год посл.)	16,3	1,05	5,97	27,2	42,4	3,38	27,5	12,6	
		солома						89,7	2,44	10,0	8,1	
Суглинистая	яровой рапс	семена	–	б/н	11,6	0,36	1,87	14,5	46,8	3,61	35,3	24,7
		солома							60,2	2,03	9,9	8,1
	21	семена	500–600	22,5	0,96	6,89	24,9	53,4	4,10	49,4	34,9	
		солома						78,9	2,46	20,4	30,0	
Супесчаная	кукуруза, з/м	–	б/н	12,2	0,19	0,84	14,2	69,6	2,94	11,2	11,5	
		23	500–600	29,2	0,50	2,76	25,6	97,5	4,31	18,4	15,8	
		–	б/н	5,1	0,11	0,63	11,1	33,7	2,55	8,0	14,3	
		23	500–600	8,9	0,32	2,03	23,0	46,2	3,57	12,3	19,5	
		–	б/н	6,2	0,27	0,82	10,2	32,9	4,03	13,7	15,7	
		20	500–600	14,5	0,78	2,8	21,2	47,4	6,28	22,4	22,1	
<i>Свинокомплекс, Столбцовский район</i>												
Супесчаная	озимое тритикале	зерно	–	б/н	5,4	0,13	0,83	11,2	37,2	2,13	13,0	18,9
		солома							55,3	1,21	4,8	10,2
	26	зерно	500–600	7,5	0,21	2,60	17,1	42,3	2,69	19,4	22,3	
		солома						70,7	1,62	7,6	13,7	
	яровой ячмень	зерно	–	б/н	3,7	0,17	0,97	10,2	43,1	4,03	27,1	9,5
		солома							52,2	1,76	6,6	13,3
		26	зерно	500–600	5,9	0,39	3,12	16,7	51,3	5,01	39,2	13,3
			солома						66,0	2,41	10,9	20,6
<i>Свинокомплекс, Браславский район</i>												
Суглин.	мн. травы (2-й укос)	–	б/н	18,9	0,48	2,03	19,6	118,6	4,51	17,9	17,0	
		22	300–400	26,7	0,77	3,04	23,5	143,9	6,26	26,3	20,6	
<i>Комплекс по откорму КРС, Браславский район</i>												
Супесч.	мн. травы (2-й укос)	–	б/н	8,0	0,19	1,26	11,3	50,5	7,05	14,2	11,0	
		27	200–300	10,8	0,24	1,64	19,0	55,7	7,96	18,3	15,7	



Почва	Культура	Срок внесения, лет	Нагрузка жидких ОУ*, т/га в год	Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг почвы				Содержание тяжелых металлов в растениях, мг/кг сухого вещества				
				Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn	
Песчаная	озимая пшеница	зерно	-	б/н	5,7	0,16	1,28	13,5	35,1	1,44	19,4	8,7
		солома							51,6	1,03	5,6	6,1
		зерно	27	100–200	6,8	0,18	1,60	19,6	38,3	1,50	20,7	8,8
		солома							55,9	1,12	6,2	6,7
	яровой ячмень	зерно	-	б/н	6,1	0,23	1,14	15,1	49,6	4,82	27,7	9,4
		солома							73,9	2,91	8,2	14,3
		зерно	26	100–200	7,1	0,26	1,40	23,5	52,7	4,83	29,9	9,7
		солома							79,7	2,95	9,4	14,5
<b>Комплекс по откорму КРС, Миорский район</b>												
Суглин.	кукуруза, з/м	-	б/н	14,6	0,09	1,75	12,9	77,0	2,86	17,0	13,7	
		30	100–200	17,0	0,10	2,22	18,3	79,1	3,15	19,3	15,7	

Примечание – \*ОУ – органические удобрения, \*\*з/м – зеленая масса, \*\*\*б/н – без нагрузки, \*\*\*\*мн. травы – многолетние травы.

навозными стоками при дозе внесения 700–800 т/га поступало около 17 кг цинка, в то время как с жидким навозом КРС при дозе 900–1000 т/га – всего 6 кг.

На основании выполненной работы не установлено превышения ПДК подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах, расположенных вблизи животноводческих комплексов, полученные показатели были значительно ниже установленных нормативов [15, 16].

Согласно рассчитанным коэффициентам техногенной концентрации, в дерново-подзолистых почвах, подвергающихся нагрузкам жидких органических удобрений в дозах от 100–200 до 900–1000 т/га, основным загрязнителем является Zn, далее по значимости Cu, Fe и Mn при слабом накоплении Pb, Ni, Co и Cr:

$$Zn_{1,2-6,7} > Cu_{1,1-3,1} > Fe_{1,1-3,3} > Mn_{1,2-2,4} > Pb_{0,9-1,2} \approx Ni_{0,9-1,2} \approx Co_{0,9-1,2} \approx Cr_{0,9-1,2}$$

По суммарному показателю загрязнения тяжелыми металлами дерново-подзолистые почвы сельскохозяйственного назначения характеризовались допустимым уровнем ( $Z_c < 16$ ). При этом отмечена четко выраженная тенденция увеличения данного показателя по мере увеличения нагрузки жидких органических удобрений на исследуемые почвы. При ежегодном внесении жидких органических удобрений в дозе не более 300–400 т/га величина  $Z_c$  не превышала 3 ед., в то же время при их нагрузке от 700–800 до 900–1000 т/га данный показатель достиг уровня 10,5–12,0 ед. Наблюдаемый негативный эффект повышения подвижности тяжелых металлов (в частности Zn, Cu, Mn, Fe) при постоянно вносимых высоких дозах жидких органических удобрений в дальнейшем может привести к более значимому повышению этого показателя, что увеличит риск загрязнения сельскохозяйственной продукции данными элементами.

Химический анализ показал, что ежегодное внесение жидкого навоза КРС в дозе 100–200 т/га в течение 26–30 лет практически не влияло на содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах. Регулярные нагрузки жидких органических удобрений от 300–400 до 900–1000 т/га на почвы также не изменяли содержание Cd, Pb, Ni, Co и Cr в растительных образцах по сравнению с неудобренными почвами.

Ежегодная утилизация на землях исследуемых хозяйств больших объемов жидких органических удобрений

в наибольшей степени повлияла на накопление Cu, Zn, Mn и Fe в растениях. При нагрузке жидкого навоза КРС 900–1000 т/га содержание Cu в зеленой массе кукурузы составило 4,22 мг/кг, Zn – 29,0, Mn – 25,2, Fe – 64,5 мг/кг, что на 69 %, 80, 105 и 66 % соответственно превышало аналогичные показатели на почве без нагрузок (таблица, рисунок 2). В хозяйствах, где в течение 20–23 лет ежегодно на почвы вносили 500–600 т/га свиных навозных стоков, прирост этих элементов в кукурузе составил: Cu – 40–56 %, Zn – 53–64, Mn – 36–41, Fe – 37–44 %. Содержание Cu в многолетних травах в зависимости от дозовой нагрузки жидких органических удобрений увеличилось на 13–39 %, Zn – на 29–61, Mn – на 21–75, Fe – на 10–35 %.

В Столбцовском и Браславском районах под действием нагрузок жидких органических удобрений от 500–600 до 900–1000 т/га на почвы пахотных земель в течение 21–26 лет превышение концентрации Cu в основной продукции зерновых культур относительно показателей неудобренных почв составило 24–32 %, Zn – 42–84, Fe – 14–23, Mn – 18–65 % (рисунок 3, 4). Содержание этих элементов в побочной продукции возросло на 21–48 %, 52–113, 26–34, 35–269 % соответственно. В отличие от остальных тяжелых металлов, для Zn, Cu и Mn характерен более высокий уровень накопления в репродуктивных органах при меньшей аккумуляции в вегетативных. В относительном выражении эти элементы более интенсивно накапливались в побочной продукции, что указывает на существование определенных барьеров по их перемещению в генеративные органы.

Установлено, что концентрация Zn, Cu и Mn в исследуемых культурах на почвах без нагрузок в основном значительно ниже предела биологической нормы для животных (Cu – 5–12 мг/кг, Zn и Mn – 20–60 мг/кг сухой массы [17]). Внесение жидких органических удобрений в дозах от 300–400 до 900–1000 т/га обеспечило в некоторых случаях повышение их содержания в зерне, зеленой массе кукурузы и клевера до нижних уровней оптимальных концентраций в корме или довольно близких к ним.

Результаты расчета коэффициентов техногенной концентрации тяжелых металлов показали, что внесение жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы в дозах от 100–200 до 900–1000 т/га в течение 20–30 лет практически не вызывало загрязнения возделыва-

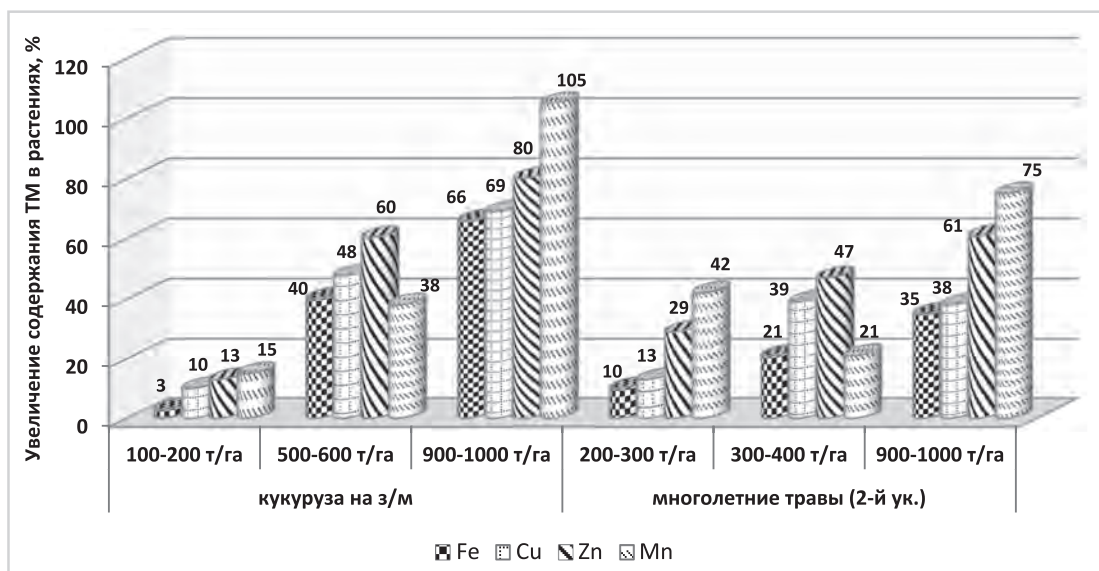


Рисунок 2 – Средние значения увеличения содержания Zn, Cu, Mn и Fe в кукурузе и многолетних травах, произрастающих на дерново-подзолистых почвах вблизи животноводческих комплексов, %

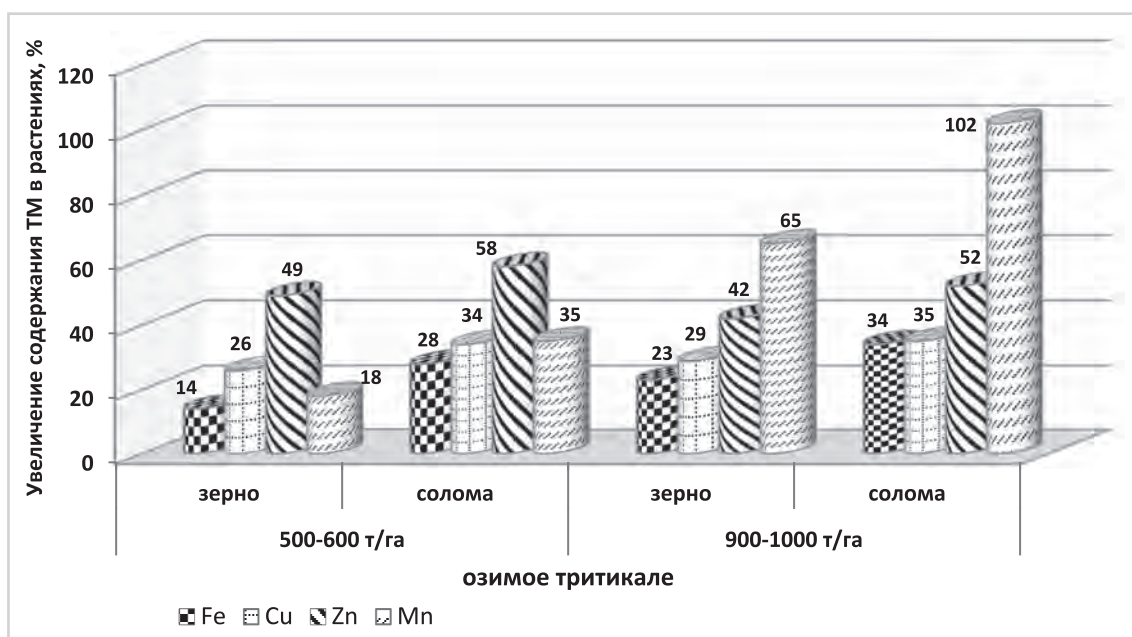


Рисунок 3 – Средние значения увеличения содержания Fe, Cu, Zn и Mn в озимом тритикале, произрастающем на дерново-подзолистых почвах вблизи животноводческих комплексов, %

емых на них культур Cd, Pb, Ni, Co и Cr ( $K_c \leq 1,1$  ед.). При ежегодном их воздействии на почвы в дозах от 300–400 до 900–1000 т/га основными поллютантами растений являются Zn ( $K_c - 1,4-2,1$  ед.), Cu ( $K_c - 1,2-1,7$  ед.), Mn ( $K_c - 1,2-3,7$  ед.) и Fe ( $K_c - 1,2-1,7$  ед.), при меньших нагрузках  $K_c$  по этим элементам не более 1,1 ед., т. е. установлены сходные тенденции накопления тяжелых металлов в растительных образцах и их подвижных форм в почвах.

При нагрузках жидких органических удобрений от 700–800 до 900–1000 т/га согласно градации солома озимых пшеницы и тритикале, зеленая масса кукурузы и многолетних трав, а также солома ярового рапса при дозе свиных навозных стоков 500–600 т/га относятся к среднезагрязненным ( $Z_c = 3,2-5,4$  ед.), в остальных растительных образцах показатель  $Z_c$  не превышал 3,0 ед., что характеризовало их как слабозагрязненные. Суммарные показатели загрязнения тяжелыми металлами соломы зерновых культур на 16–26 % превышали сопряженные для зерна, для рапса различие составило 2,3 раза.

Не установлено четкой закономерности в изменении величин КБП в зависимости от уровня дозовых нагрузок жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы. Наблюдалось даже небольшое снижение, что обусловлено менее выраженным увеличением концентрации тяжелых металлов в надземной части растений по сравнению с повышением их содержания в почвах. Расчеты показали, что по величине КБП Zn и Cu являются элементами сильного и энергичного накопления (рисунок 5). Mn, Co и Ni для большинства исследуемых культур также элементы сильного захвата; Fe, Cr и Pb относятся к группе слабого накопления и среднего биологического захвата. В целом по величине КБП тяжелых металлов исследуемые сельскохозяйственные культуры образуют следующий нисходящий ряд:

$$Zn_{4,8-103,9} > Cu_{4,0-69,1} > Mn_{0,5-5,5} \approx Co_{0,4-5,2} > Ni_{0,3-5,0} > Pb_{0,1-2,5} \approx Cr_{0,1-1,1} > Fe_{0,1-0,6}$$

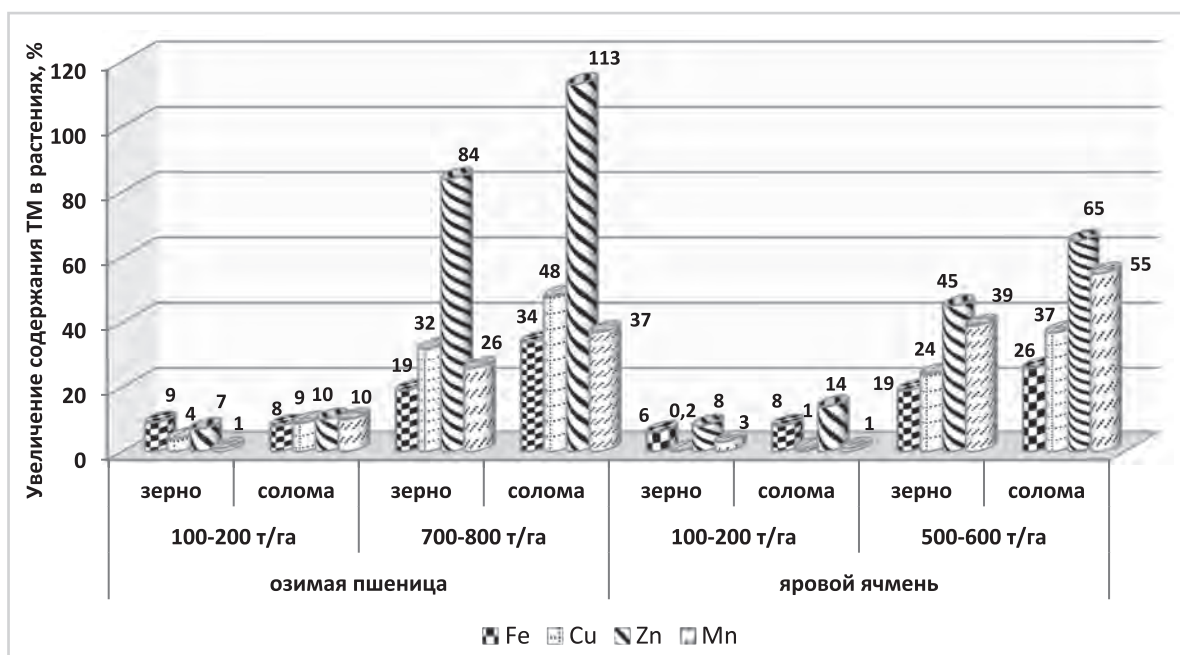


Рисунок 4 – Средние значения увеличения содержания Zn, Cu, Mn и Fe в озимой пшенице и яровой ячмене, произрастающих на дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов, %

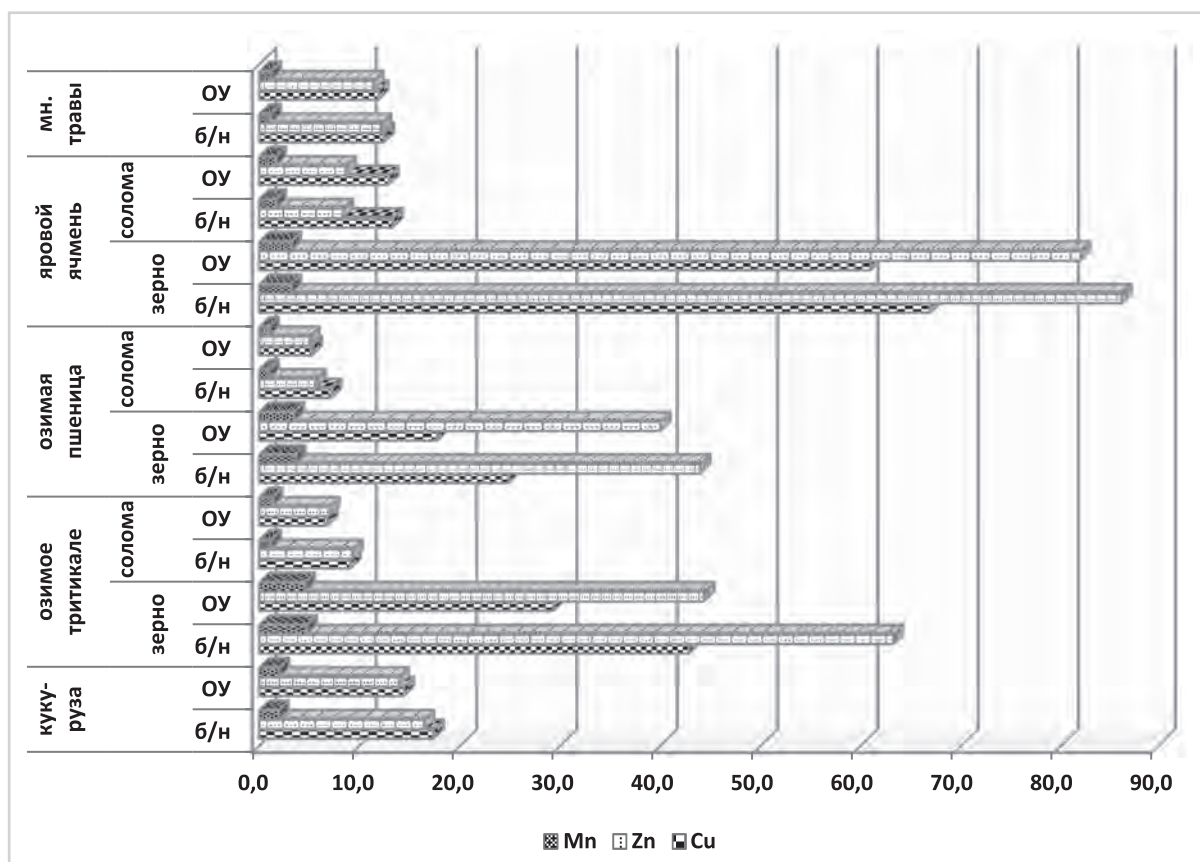


Рисунок 5 – Средние значения КБП Zn, Cu и Mn для сельскохозяйственных культур, произрастающих на дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов

**Выводы**

1. Ежегодные нагрузки жидких органических удобрений от 100–200 до 900–1000 т/га увеличили концентрацию подвижных форм Fe в дерново-подзолистых почвах на 16–227 %, Cu – на 11–211, Zn – на 23–379, Mn – на 42–139 %, практически не оказав влияния на содержание Cd, Pb, Ni, Co и Cr. Согласно коэффициентам

техногенной концентрации основными загрязнителями почв при нагрузках жидких органических удобрений являются Zn, Cu, Fe и Mn при слабом накоплении Pb, Ni, Co и Cr. По суммарному показателю загрязнения почвы характеризовались допустимым уровнем ( $Z_c < 16$ ) с максимальными значениями (10,5–12,0 ед.) при дозах 700–800 и 900–1000 т/га. Превышения нор-



мативов ПДК подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах вблизи животноводческих комплексов не обнаружено.

2. При ежегодной утилизации жидких органических удобрений в дозах от 200–300 до 900–1000 т/га на дерново-подзолистые почвы в течение 20–30 лет основными поллютантами сельскохозяйственных культур являются Fe, Cu, Zn и Mn: концентрация Fe увеличилась на 10–66 %, Cu – на 13–69, Zn – на 29–113, Mn – на 18–269 % при содержании Cd, Pb, Ni, Cr и Co на уровне неудобренных почв. Внесение в дозе 100–200 т/га не влияло на накопление тяжелых металлов в растениях.

Согласно градации зеленая масса кукурузы и многолетних трав, солома озимых пшеницы и тритикале при нагрузках жидких органических удобрений от 700–800 до 900–1000 т/га, а также солома ярового рапса при дозе свиных навозных стоков 500–600 т/га относятся к среднезагрязненным ( $Z_c = 3,2–5,4$  ед.), в остальных растительных образцах показатель  $Z_c$  не превышал 3,0 ед. (слабозагрязненные). Суммарные показатели загрязнения тяжелыми металлами соломы превышали сопряженные для зерна на 16–26 %, для рапса – на 128 %.

3. Не установлено четкой закономерности в изменении КБП в зависимости от нагрузок жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы. По величине КБП Zn и Cu – элементы сильного и энергичного накопления; Mn, Co и Ni для большинства исследуемых культур также элементы сильного биологического захвата; Fe, Cr и Pb относятся к группе слабого накопления и среднего захвата.

#### Литература

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2017 / Нац. статистический комитет Республики Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2017. – 506 с.
2. Агроэкономическая эффективность жидкого навоза КРС и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Т. М. Серая [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 4 (№ 95). – С. 39–42.
3. Серая, Т.М. Удобрение жидким навозом / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 52–56.
4. Барановский, И. Эффективность жидкого навоза на дерново-подзолистых почвах / И. Барановский, А. Павлоцкий // Главный агроном. – 2010. – № 10. – С. 7–9.

5. Бабенко, М. В. Влияние отдельных фракций свиного навоза на продуктивность зернотравяного звена севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / М. В. Бабенко; РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. – Москва, 2016. – 21 с.
6. Сидорцов, В. В. Влияние возрастающих доз свиного навоза и его сочетаний с минеральными удобрениями, соломой и сидератом на урожайность, качество картофеля и переход радионуклидов в продукцию: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / В. В. Сидорцов; НИИСХ ЦРНЗ. – Москва, 2000. – 20 с.
7. Сравнительная эффективность органических и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т. М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – Минск. – 2011. – № 2 (47) – С. 70–77.
8. Гейгер, Е. Ю. Действие жидкого свиного навоза на продуктивность агрофитоценоза и состояние экосистемы в зоне влияния крупного свиного комплекса: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16, 06.01.04 / Е. Ю. Гейгер; Нижегородская ГСХА. – Нижний Новгород, 2003. – 212 с.
9. Демидов, А. Л. Воздействие навозосодержащих отходов животноводческих объектов Республики Беларусь на почвенный покров / А. Л. Демидов, В. В. Мажинская, И. В. Жигунова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. докл. III Междунар. науч. экологической конф., Краснодар, 20–21 марта 2013 г. / Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2013. – С. 20–25.
10. Агроэкологическое обоснование ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых длительно используемых, нарушенных и загрязненных землях: монография; авт. кол-в : И. В. Гурина [и др.]. – Рязань : ФГБОУ ВПО РГАУ, 2014. – 484 с.
11. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза / Г. Е. Мерзлая [и др.]. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2006. – 463 с.
12. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства: методические указания: изд. 2-е перераб. и дополненное / А. В. Кузнецов [и др.]; редкол. А. М. Артюшин [и др.]. – М.: Мин-во сел. хоз-ва РФ, ЦИНАО, 1992. – 61 с.
13. Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: МУ 2.1.7.730–99 – 1999. – введ. 05.04.99. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 1999. – 38 с.
14. Методы исследования городских почв: учебное пособие. / Р. Ф. Байбеков [и др.]. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. Тимирязева, 2007. – 202 с.
15. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ: ГН 2.1.7.12-1-2004. – Введ. 25.02.2004 г. – Минск: Минздрав Республики Беларусь, 2004. – 29 с.
16. Об утверждении ГН «Предельно допустимые концентрации подвижных форм цинка, хрома, кадмия в почвах (землях) различных функциональных зон населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения»: Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 06 нояб. 2008 г., № 187 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2012. – 8/25624.
17. Ковальский, В. В. Микроэлементы в почвах СССР / В. В. Ковальский, Г. А. Андрианова. – М.: Наука, 1970. – 182 с.

УДК 633.14:5.632.954

## Контроль засоренности посевов озимых зерновых культур гербицидами, содержащими ЭГЭ 2,4-Д и флорасулам

С. В. Сорока, Л. И. Сорока, Р. В. Корпанов, кандидаты с.-х. наук,  
Н. В. Кабзарь, старший научный сотрудник,  
И. Ю. Петровец, младший научный сотрудник  
Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 27.04.2018 г.)

Показано, что применение гербицидов с содержанием действующих веществ 2,4-Д и флорасулам Балерина, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л) производства ЗАО Фирма «Август», Россия; Метеор, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) производства ООО «Франдеса», Беларусь; Прима, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) производства фирмы Дау АгроСаенсес ВмбХ, Австрия; Примадонна, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 200 г/л + флорасулам, 3,7 г/л) производства АО «Щелково Агрохим», Россия в посевах озимых зерновых культур в Беларуси обеспечивает достаточно высокую биоло-

*It is shown that the herbicides application containing active ingredients 2,4-D and florasulam Balerina, SE (EHE 2,4-D, 410 g/l + florasulam, 7,4 g/l) CSS «August» Co. production, Russia; Meteor, SE (EHE 2,4-D, 300 g/l + florasulam, 6,25 g/l), ООО «Frاندеса» production, Belarus; Prima, SE (EHE 2,4-D, 300 g/l + florasulam, 6,25 g/l) Dow AgroSciences BmbX production, Austria; Primadonna, SE (EHE 2,4-D, 200 g/l + florasulam, 3,7 g/l) SS «Shchelkovo» production, Russia in winter grain crops in Belarus renders rather high biological efficiency against the dominant annual weeds (kill 80–100 %).*

гическую эффективность против доминирующих однолетних сорняков (гибель – 80–100 %). Однако важно отметить, что данные гербициды не эффективны против однолетних злаковых сорных растений, поэтому необходима дополнительная прополка гербицидами, эффективными против данных сорняков или применение изученных гербицидов в баковых смесях с граминицидами.

### Введение

В середине 70-х годов XX века повсеместно [16, 22–27], в т. ч. и в БССР [2, 3, 4, 11, 14, 18, 20] было отмечено, что длительное систематическое применение гербицидов 2,4-Д и 2М-4Х в посевах злаковых и других культур привело к изменению видового состава сорняков в сторону преобладания устойчивых к этим препаратам видов: ромашки непахучей, звездчатки средней, видов фиалок, горцев, пикульника, осотов и злаковых сорняков – проса куриного, пырея ползучего, мятлика однолетнего, метлицы обыкновенной, которые стали доминирующими сорными растениями в агроценозах зерновых и других культур.

Одним из путей снижения гербицидной нагрузки на окружающую среду является применение гербицидов в смесях, которые не только замедляют адаптацию организма к применяемым препаратам, но и позволяют расширить спектр их действия, уменьшить кратность обработок и нормы расхода препаратов [9, 19].

Более перспективным оказалось применение готовых комбинированных (комплексных) гербицидных препаратов (заводских смесей), в том числе на основе сульфонилмочевинных структур или применение баковых смесей гербицидов. По данным В. А. Захаренко и Ю. Роля, 70 % посевов зерновых культур в Англии и Польше обрабатываются комплексными препаратами [19].

Среди комплексных гербицидов перспективны бинарные смеси гербицидов системного действия, например, с содержанием сложного 2-этилгексилового эфира 2,4-Д и флорасулама. 2-этилгексильный эфир 2,4-Д – избирательный гербицид системного действия, в растения поступает через надземные органы и корневую систему. Действующее вещество через лист проникает в симпласт и передвигается, как и сахароза, по общей транспортной системе, но с более высокой скоростью, поскольку использует энергию превращения АТФ в АДФ. Визуально наблюдаемое гербицидное действие проявляется быстро: уже через несколько часов после обработки останавливается рост растений, скручиваются черешки, молодые побеги, утолщаются стебли, образуются придаточные корни. Флорасулам – гербицид системного действия, проникает в растения через корни и листья, но не проникает в зерно, ингибирует ацетолактатсинтазу – ключевой фермент в пути синтеза лейцина, изолейцина и валина. Вызывает хлороз, обесцвечивание жилок и некроз листьев в течение 2–4 недель [15].

Данные гербициды уничтожают более 150 видов двудольных сорных растений, в том числе подмаренник цепкий, бодяк полевой, осот полевой, ромашку непахучую, мак-самосейку, марь белую, крестоцветные и другие сорняки [5].

В Беларуси в посевах озимой пшеницы Прима, СЭ в норме 0,4–0,6 л/га эффективна в борьбе с однолетними двудольными сорными растениями, в том числе и устойчивыми к 2,4-Д и 2М-4Х. Полностью (100 %) погибают лебеда раскидистая, пастушья сумка, марь белая, на 75–80 % – горец птичий, ясколка полевая, торица полевая, горец вьюнковый, на 80,8–90,0 % – подмаренник цепкий. Сохраненный урожай зерна озимой пшеницы составил 13–20,1% на фоне урожайности 40–50 ц/га [21]. В настоящее время гербицид Прима, СЭ в норме 0,4–0,6 л/га рекомендован в Беларуси для однократного опрыскивания посевов озимых – пшеницы и тритикале, яровых – ячме-

*But it is important to point out that the indicated herbicides are not effective against annual grass weeds, that is why the additional herbicide weeding is necessary or the studied herbicides application in tank mixtures with graminicides.*

ня, тритикале и овса в фазе кущения – выход в трубку (до стадии 2-х междоузлий), кукурузы – в фазе 3–7 листьев (0,4–0,6 л/га) [1].

В России Прима хорошо подавляла такие сорняки, как ромашка непахучая и торица полевая [18]. На Кубани данный гербицид рекомендуется в норме 0,4 л/га против однолетних сорняков, имеющих менее восьми листьев, 0,6 л/га – против многолетних сорняков в фазе начала кущения до стадии второго междоузлия злаковых культур в диапазоне температур от 5 до 25 °С [4]. В посевах озимой пшеницы в условиях лесостепи Украины применение Прима в норме 0,4–0,6 л/га обеспечило снижение засоренности на 78–89 %, сохраненный урожай составил 26–28 % к контролю без прополки [5].

Близкий по составу гербицид Балерина в Татарстане полностью уничтожил осот полевой, вьюнок полевой, марь белую, пастушью сумку, подмаренник цепкий, обеспечив общую биологическую эффективность 98,7 % [10]. В Украине для данного препарата рекомендованы нормы расхода рабочей жидкости 150–200 л/га при наземном и 50–100 л/га при авиаопрыскивании [7]. Гербициды данной группы не смываются дождем через час после обработки [17].

С целью оценки эффективности весеннего и осеннего применения гербицидов, содержащих в своем составе действующие вещества 2,4-Д и флорасулам, в посевах озимых зерновых культур нами в условиях Беларуси проведены специальные исследования.

### Методика и условия проведения исследований

Изучали биологическую эффективность гербицидов Балерина, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л), производства ЗАО Фирма «Август», Россия; Метеор, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л), производства ООО «Франдеса», Беларусь; Прима, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л), производства фирмы Дау АгроСаенсес ВмбХ, Австрия; Примадонна, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 200 г/л + флорасулам, 3,7 г/л), производства АО «Щелково Агрохим», Россия, в условиях 2005–2017 гг. в посевах озимых зерновых (пшеницы, тритикале и ржи) согласно «Методическим указаниям по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве» [13] на опытном поле РУП «Институт защиты растений» (аг. Прилуки Минского района) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Обработку почвы, внесение минеральных удобрений, мероприятия по уходу за посевами, защиту культур от вредителей и болезней и уборку урожая проводили в соответствии с интенсивной технологией возделывания.

Площадь опытных делянок – 20–25 м<sup>2</sup>, повторность опыта – четырехкратная, расположение делянок – последовательное или рендомизированное. Гербициды вносили осенью и весной в фазе кущения культуры и весной в фазе выхода в трубку. Норма расхода рабочей жидкости – 200 л/га.

При количественно-весовых учетах засоренности брали 2 учетные площадки по 0,25 м<sup>2</sup> с каждой делянки в соответствии с методическими указаниями [12, 13]. Данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [6].

### Результаты исследований и их обсуждение

Гербициды, содержащие в составе 2,4-Д и флорасулам (торговые названия в Беларуси – Балерина, СЭ; Ме-

теор, СЭ; Прима, СЭ и Примадонна, СЭ), были включены в схемы 42 опытов в посевах озимых пшеницы, ржи и тритикале.

При применении данных гербицидов в посевах озимых зерновых культур как при весеннем, так и при осеннем внесении на 90,0–100 % погибают ромашка непахучая, звездчатка средняя, подмаренник цепкий (коэффициент чувствительности (КЧ) – 9–10). Полностью погибают марь белая, ярутка полевая, пастушья сумка, падалица рапса, василек синий (КЧ 10). На 80–90 % снижается масса фиалки полевой, незабудки полевой, бодяка полевого (КЧ – 8–9). При применении данных препаратов гибель осота полевого составляет 70–80 % (КЧ – 7–8). Следует отметить, что данные гербициды обладают недостаточным действием на переросшие растения пикульника обыкновенного (КЧ – 6–8 в зависимости от фазы развития сорного растения) и не эффективны против метлицы обыкновенной, проса куриного и других однолетних злаковых сорных растений (таблица 1).

**При применении гербицида Балерина, СЭ** (ЭГЭ 2,4-Д, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л) **в фазе кушения озимой пшеницы весной** в условиях 2009–2010 гг. вегетативная масса сорных растений снизилась на 93,3 %, сохраненный урожай составил 5,4 ц/га или 10,8 %; в условиях 2015 г. вегетативная масса сорных растений уменьшилась на 93,5 %, сохраненный урожай составил 11,6 ц/га (13,8 %); в условиях 2016–2017 гг. вегетативная масса сорных растений снижалась на 97,0 %, величина сохраненного урожая составила 9,8 ц/га, что равно 11,0 %. При опрыскивании посевов **озимой пшеницы осенью в фазе кушения культуры** в условиях 2012 г. масса сорных растений уменьшилась на 95,5 % и было сохранено 11,7 % урожая, что составило 8,3 ц/га. При применении вышеуказанного гербицида в условиях 2016–2017 гг. вегетативная масса сорных растений уменьшилась на 92,8 %, урожайность составила 89,0 ц/га зерна, при этом величина сохраненного урожая была равна 10,5 ц/га или 11,8 % (таблица 2).

Аналогичная ситуация по эффективности наблюдалась при применении гербицида Балерина, СЭ и **в посевах озимого тритикале в фазе весеннего кушения культуры**. При использовании препарата в условиях 2009 г. снижение сырой вегетативной массы сорных растений составило 91,5 %, что позволило сохранить 6,9 ц/га зерна; в условиях 2017 г. масса сорных растений уменьшилась на 96,7 %, сохраненный урожай зерна составил 7,7 ц/га или 7,6 % при урожайности 101,8 ц/га. **При осеннем опрыскивании посевов озимого тритикале** в ус-

ловиях 2017 г. вегетативная масса сорных растений под действием гербицида Балерина, СЭ снизилась на 92,8 %, что позволило сохранить 9,8 ц/га зерна культуры при урожайности 96,8 ц/га (таблица 2).

Внесение гербицида Балерина, СЭ **весной в фазе кушения озимой ржи** обеспечило снижение вегетативной массы сорных растений на 90,7 %, при этом величина сохраненного урожая зерна составила 4,0 ц/га при урожайности 43,8 ц/га (таблица 2).

При внесении гербицида **Метеор, СЭ** (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) **весной в фазе кушения озимой пшеницы** в условиях 2012 г. масса сорных растений уменьшилась на 95,7 %, при этом сохраненный урожай зерна составил 6,6 ц/га (11,4 %) по отношению к непрополотому контролю. При применении вышеуказанного препарата **в фазе кушения культуры осенью** масса сорных растений уменьшилась на 91,3 %. Средний сохраненный урожай зерна составил 6,7 ц/га или 11,5 % по отношению к контрольному варианту без прополки.

На 98,4 % снизилась вегетативная масса всех сорных растений **при весеннем опрыскивании посевов озимого тритикале** указанным выше гербицидом и на 91,6 % – **при осеннем внесении**. Благодаря снижению засоренности сохраненный урожай зерна озимого тритикале составил 5,1 и 4,9 ц/га или 8,2 и 7,9 % соответственно (таблица 2).

Биологическая эффективность гербицида **Прима, СЭ** (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) **при применении весной в посевах озимой пшеницы** в условиях 2001–2003 гг. достигала 95,7 %, средняя урожайность зерна составила 69,6 ц/га, при этом величина сохраненного урожая была равна 9,8 ц/га (14,1 %); в условиях 2009–2010 гг. снижение вегетативной массы сорных растений достигало 90,5 %, сохраненный урожай составил 5,7 ц/га или 11,4 %; в условиях 2011–2012 гг. вегетативная масса сорных растений уменьшилась на 97,8 %, средняя урожайность зерна озимой пшеницы составила 62,5 ц/га, при этом было сохранено 5,2 ц/га (8,3 %); в условиях 2016–2017 гг. масса сорных растений под действием гербицида уменьшилась на 92,8 %, что позволило сохранить 10,0 ц/га зерна (или 13,6 %). Достаточно высокая эффективность наблюдалась и при применении гербицида Прима, СЭ в посевах **озимой пшеницы в фазе выхода в трубку культуры** (до стадии 2-х междоузлий). Так, на 86,5 % снизилась вегетативная масса сорняков в условиях 2012 г. и на 95,2 % – в 2017 г., при этом величина сохраненного урожая составила 6,6 и 9,1 ц/га соответственно.

Таблица 1 – Чувствительность сорных растений к гербицидам, содержащим 2,4-Д и флорасулам, в посевах озимых зерновых культур

Гербицид	Норма расхода, л/га	Коэффициент чувствительности												
		ромашка непахучая	звездчатка средняя	марь белая	фиалка полевая	незабудка полевая	пикульник обыкновенный	подмаренник цепкий	падалица рапса	ярутка полевая	василек синий	бодяк полевой	осот полевой	метлица обыкновенная
Балерина, СЭ	0,3–0,5	9–10	9–10	10	8–9	8–9	6–8	9–10	10	10	–	–	7–8	–
Метеор, СЭ	0,4–0,6	9–10	9–10	10	8–9	8–9	6–8	9–10	10	10	–	–	7–8	–
Прима, СЭ	0,4–0,6	9–10	9–10	10	8–9	8–9	6–8	9–10	10	10	8–9	8–9	7–8	–
Примадонна, СЭ	0,6–0,8	9–10	9–10	10	8–9	8–9	6–8	9–10	10	10	8–9	8–9	7–8	–
Прима, СЭ + Аксил, КЭ	0,5 + 0,9	10	8–10	10	8–9	8–9	6–8	9–10	10	10	7–8	7–8	7–8	10

Примечание – 1–4 – гибель 10–40 % сорных растений; 5–9 – гибель 50–90 %; 10 – гибель 100 % сорных растений.



**Таблица 2 – Эффективность гербицидов, содержащих 2,4-Д и флорасулам, в посевах озимых зерновых культур (опытное поле РУП «Институт защиты растений»)**

Гербицид	Норма расхода, л/га	Культура	Год (количество опытов)	Срок внесения	Снижение массы сорняков, % (среднее)	Урожайность, ц/га (среднее)	Сохраненный урожай*	
							ц/га	%
Балерина, СЭ	0,4	озимая пшеница	2009–2010 (3)	кущение весной	93,3	50,2	5,4	10,8
			2015 (1)		93,5	83,9	11,6	13,8
			2016–2017 (2)		97,0	89,0	9,8	11,0
		озимое тритикале	2009 (1)		91,5	50,9	6,9	13,6
			2017 (1)		96,7	101,8	7,7	7,6
		озимая рожь	2010 (2)		90,7	43,8	4,0	9,1
		озимая пшеница	2012 (2)	кущение осенью	95,5	71,2	8,3	11,7
			2016–2017 (2)		92,8	89,0	10,5	11,8
			2017 (1)		92,8	96,8	9,8	10,1
Метеор, СЭ	0,5	озимая пшеница	2012 (2)	кущение весной	95,7	58,1	6,6	11,4
			2012 (1)	кущение осенью	91,3	58,2	6,7	11,5
		озимое тритикале	2012 (1)	кущение весной	98,4	61,9	5,1	8,2
			2012 (1)	кущение осенью	91,6	61,7	4,9	7,9
Прима, СЭ	0,5	озимая пшеница	2001–2003 (3)	кущение весной	95,7	69,6	9,8	14,1
			2009–2010 (2)		90,5	49,9	5,7	11,4
			2011–2012 (3)		97,8	62,5	5,2	8,3
			2016–2017 (2)		92,8	73,3	10,0	13,6
		2012 (1)	выход в трубку	86,5	54,7	6,6	12,1	
				2017 (1)	95,2	87,8	9,1	12,4
		озимое тритикале	2005 (1)	91,3	56,5	5,9	10,4	
			2009 (1)	91,9	48,4	4,4	9,1	
		озимая рожь	2010 (1)	91,7	43,5	3,7	8,5	
Примадонна, СЭ	0,7	озимая пшеница	2011 (1)	кущение весной	98,0	74,1	9,2	12,4
			2012 (3)		98,1	56,2	8,1	14,4
			2012 (1)	выход в трубку	89,6	56,4	8,3	14,7
Прима, СЭ + Аксиал, КЭ	0,5 + 1,0	озимая пшеница	2011–2012	кущение весной	98,9	62,5	9,9	12,3

Примечание – \*Достоверно выше НСР<sub>05</sub>.

При опрыскивании посевов **озимого тритикале весной в фазе выхода в трубку** гербицидом Прима, СЭ в 2005 г. вегетативная масса сорных растений уменьшилась на 91,3 %, и величина сохраненного урожая составила 5,9 ц/га. При применении данного гербицида **в фазе кущения культуры весной** в условиях 2009 г. масса сорных растений снизилась на 91,9 %, что позволило сохранить 4,4 ц/га зерна или 9,1 %.

Близкая эффективность получена и при весеннем применении гербицида Прима, СЭ в **посевах озимой ржи**. Под действием гербицида в условиях 2010 г. вегетативная масса сорных растений уменьшилась на 91,7 %. Средняя урожайность составила 43,5 ц/га, величина сохраненного урожая была равна 3,7 ц/га (таблица 2).

Высокая биологическая эффективность получена **при весеннем применении гербицида Примадонна, СЭ**

(ЭГЭ 2,4-Д, 200 г/л + флорасулам, 3,7 г/л) **в посевах озимой пшеницы в фазе кущения культуры**. Так, при прополке посевов данным гербицидом в 2011 г. масса сорных растений уменьшилась на 98,0 %, в условиях 2012 г. – на 98,1 %. Средний сохраненный урожай зерна составил 9,2 и 8,1 ц/га или 12,4 и 14,4 % соответственно по отношению к контролю без химпрополки.

Высокая биологическая эффективность получена и при внесении гербицида Примадонна, СЭ **в фазе выхода в трубку озимой пшеницы**. Вегетативная масса сорных растений снизилась на 89,6 %, что позволило получить урожайность 56,4 ц/га и сохранить 8,3 ц/га зерна или 14,7 % (таблица 2).

Как отмечено выше, данные гербициды не эффективны против однолетних злаковых сорных растений. При наличии в посевах метлицы обыкновенной и проса куриного

Таблица 3 – Экономическая эффективность гербицидов, содержащих ЭГЭ 2,4-Д и флорасулам (в ценах 2016 г. [8, 14])

Гербицид	Норма расхода, л/га	Средняя стоимость обработки 1 га, долл. США* + 5 долл. на внесение	Окупаемость в зерновом эквиваленте, ц/га**			Сохраненный урожай, ц/га		
			озимая пшеница	озимое тритикале	озимая рожь	озимая пшеница	озимое тритикале	озимая рожь
Балерина, СЭ	0,3–0,5	10,6–14,3	0,8–1,0	1,3–1,8	1,2–1,7	5,4–11,6	6,9–9,8	4,0
Метеор, СЭ	0,4–0,6	10,2–12,8	0,7–0,9	1,3–1,6	1,2–1,5	6,6–6,7	5,1–4,9	–
Прима, СЭ	0,4–0,6	11,9–15,4	0,9–1,1	1,5–1,9	1,4–1,8	5,2–10,0	4,4–5,9	3,7
Примадонна, СЭ	0,6–0,8	10,4–12,2	0,8–0,9	1,3–1,5	1,2–1,4	8,1–9,2		
Среднее		10,8–13,7	0,8–1,0	1,4–1,7	1,3–1,6			

Примечание – \*Стоимость 1 л гербицида, долл. США: Балерина, СЭ – 18,6, Метеор, СЭ – 12,94, Прима, СЭ – 17,28, Примадонна, СЭ – 8,98 [14];  
 \*\*стоимость 1 ц зерна, долл. США: озимая пшеница – 14,0, озимое тритикале – 8,0, озимая рожь – 8,5 [8].

эти гербициды можно применять в баковой смеси с граминцидами или проводить дополнительную прополку.

При совместном применении гербицида Прима, СЭ с гербицидом Аксил, КЭ (пиноксаден, 45 г/л + флоквенто-сетмесил /антидот/, 11,25 г/л) в посевах озимой пшеницы в фазе кушения культуры весной в условиях 2011–2012 гг. вегетативная масса сорных растений снизилась на 98,9 %, при этом метлица обыкновенная погибла полностью (100 %). Под действием данной баковой смеси было сохранено 9,9 ц/га зерна (12,3 %) в сравнении с не прополтым контролем (таблица 2).

Расчет экономической эффективности применения перечисленных выше гербицидов показал: стоимость обработки 1 га с учетом внесения в ценах 2016 г. составляла 10,2–15,4 долл. США, что окупается в зерновом эквиваленте в зависимости от культуры 0,7–1,1 ц/га озимой пшеницы, 1,3–1,9 ц/га озимого тритикале, 1,2–1,8 ц/га озимой ржи. В целом их применение экономически целесообразно, так как сохраненный урожай в 2–3 раза выше (таблица 3).

### Заключение

Таким образом, результаты 42 опытов показали, что в тех случаях, когда в посевах озимых зерновых культур доминировали ромашка непахучая, звездчатка средняя, пастушья сумка, ярутка полевая, подмаренник цепкий, биологическая эффективность химпрополки гербицидами на основе ЭГЭ 2,4-Д + флорасулам (Балерина, СЭ; Метеор, СЭ; Прима, СЭ и Примадонна, СЭ) составляла 90–100 %. Полностью погибали марь белая, ярутка полевая, пастушья сумка, падалица рапса, василек синий. На 80–90 % снижалась масса фиалки полевой, незабудки полевой, бодяка полевого, на 70–80 % – осота полевого.

Следует отметить, что данные гербициды обладают недостаточным действием на переросшие растения пикульника обыкновенного (гибель 60–80 % в зависимости от фазы развития сорного растения) и не эффективны против метлицы обыкновенной, проса куриного и других однолетних злаковых сорных растений.

### Литература

1. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справочное издание / А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2017. – 687 с.
2. Бешанов, А. В. С учетом засоренности / А. В. Бешанов // Защита растений. – 1985. – № 8. – С. 10–11.
3. Воеводин, А. В. Регуляция численности компонентов агробиоценозов гербицидными растениями / А. В. Воеводин. – М., 1980. – С. 3–15.
4. Гайда, А. Н. Гербицид прима: сильный, гибкий, быстрый // Земледелие. – 2001. – № 6. – С. 39.
5. Горбач, Н. В. Шкідливість бур'янів і вдосконалення системи захисту озимої пшениці в умовах зони лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.13 – гербологія / Н. В. Горбач; Національний аграрний університет. – Київ, 2002. – 21 с.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Дубравин, В. Обгрунтування гербицидного захисту зернових культур / В. Дубравин // Зерно. – 2015. – № 2. – С. 184–187.
8. Закупочные цены [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mshp.minsk.by/prices/postanovlenie15.pdf>. – Дата доступа: 26.04.2016.
9. Захаренко, В. А. Справочник по применению гербицидов / В. А. Захаренко, А. Ф. Ченкин. – М.: Моск. рабочий, 1982. – 160 с.
10. Кайбушева, Д. Эффективность применения гербицидов на яровой пшенице / Д. Кайбушева, Ф. Хакимуллина, А. Хазиев // Главный агроном. – 2014. – № 6. – С. 15–18.
11. Крот, П. П. Борьба с сорняками на торфяных почвах / П. П. Крот. – Минск: Ураджай, 1982. – 79 с.
12. Методические указания по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве. – М., 1981. – 46 с.
13. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; Институт защиты растений; составители: С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская. – Несвиж: МОУП «Несвижская укрупненная типография им. С. Будного». – Несвиж, 2007. – 58 с.
14. Минимальные цены на средства защиты растений в 2016 году (при условии отсрочки платежа 120 дней) [электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://mshp.minsk.by/ceny/market/b7fdb3547577f1a7.html>. – Дата доступа: 26.04.2016.
15. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: произв.–практ. издание / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Минск: Триолета, 2006. – 336 с.
16. Монствилайте, Я. И. Результаты исследований засоренности посевов в Литовской ССР и научное обоснование химических средств борьбы / Я. И. Монствилайте // Актуальные вопросы борьбы с сорными растениями. – М., 1980. – С. 178–186.
17. Примадонна // Защита и карантин растений. – 2016. – № 12. – С. 38.
18. Словоцков, Р. И. Обоснование и эффективность применения комплексных гербицидов в посевах зерновых культур / Р. И. Словоцков, А. М. Э. Хусейн // Научно-обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства: материалы третьего Междунар. науч.–произв. совещ. (Голицыно, ВНИИФ, 20–21 июля 2005 г.). – Голицыно, 2005. – С. 236–251.
19. Раскин, М. С. Комплексные гербициды. Вопросы теории и практики / М. С. Раскин // Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорной растительности: материалы Всерос. науч.–произв. совещ. (Голицыно, 24–28 июля 1995 г.). – Пушкино, 1995. – С. 128–132.
20. Сорока, С. В. Биологическое обоснование рационального применения гербицидов в посевах озимой пшеницы в Белорусской ССР: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / С. В. Сорока; Бел НИИ земледелия. – Жодино, 1990. – 21 с.
21. Сорока, С. В. Эффективность весеннего применения гербицида прима в посевах озимой пшеницы / С. В. Сорока, Л. И. Сорока, Л. Л. Метез // Защита растений: сб. науч. тр. / НИРУП «Ин-т защиты растений» НАН Беларуси. – Минск, 2004. – Вып. 28. – С. 33–38.
22. Hafinger, E. Herbizidbedingte veränderungen der Ungrasflora / E. Hafinger // Mitt. Schweiz. Landwirtschaft. – 1982. – Bd. 30, H. 1/2. – S. 1–5.
23. Kees, H. Beobachtungen der Selektion und Resistenzbildung bei Unkrautern durch Herbizide und Fruchtfolgevereinfachung in Bayern / H. Kees // Sump, Influence Different Factors. – 1979. – S. 225–232.
24. Laszloné, P. Oszi buzu vegyszeres szomitasanak ertekeless es problemai zala magyeben / P. Laszloné // Novengvedelem. – 1982. – Vol. 18. – P. 6.
25. Radosevich, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds / S. R. Radosevich // Weed Technol. – 1987. – Vol. 1, № 3. – P. 190–198.
26. Salonen, Y. Weed infestation and factors affecting weed incidence in spring cereals in Finland – a multivariate approach / Y. Salonen // Agr. Sci. Finl. – 1993. – Vol. 2, № 6. – P. 525–536.
27. Tengen, B. Kvekekamp hosten 1980 / B. Tengen // Landbruks tidende. – 1980. – Vol. 86, № 34. – P. 908–909.

## Эффективность фунгицида Эминент 125 МЭ (тетраконазол, 125 г/л) в посевах сахарной свеклы

Г. И. Гаджиева, кандидат биологических наук, О. В. Подковенко  
Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 03.05.2018 г.)

*Кодной из наиболее распространенных и вредоносных болезней сахарной свеклы относится церкоспороз (возб. *Cercospora beticola* Sacc.). При сильном поражении значительно снижаются урожайность и сахаристость корнеплодов, нарушаются физиологические процессы. В статье приведены результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности фунгицида Эминент 125 МЭ (тетраконазол, 125 г/л) против церкоспороза в посевах сахарной свёклы.*

### Введение

Церкоспороз (возб. *Cercospora beticola* Sacc.) встречается во всех странах, где возделывается сахарная свекла, но наиболее вредоносен при сочетании высоких температур с периодами высокой влажности летом или в годы с чередованием сухой, жаркой и умеренно теплой, влажной погоды. В зависимости от погодных условий проявление симптомов пятнистости может наблюдаться с начала июля и до начала сентября. Обычно наиболее интенсивно болезнь развивается во второй половине лета. Согласно литературным данным, при слабом или более позднем поражении растений недобор сахара колеблется от 5 до 10 %, при среднем – от 15 до 20, при сильном и раннем – от 30 до 70 % [1, 2, 4]. В Беларуси при сильном поражении церкоспорозом урожай корнеплодов может снижаться на 46 %, ботвы – на 68 %, значительно снижается и сахаристость. Нами установлено, что увеличение балла поражения листовой поверхности на единицу ведет к снижению содержания сахара на 0,24 % ( $r = -0,87$ ).

Поражение растений сахарной свеклы возбудителем церкоспороза также существенно влияет на состояние фотосинтетического аппарата. По нашим данным, чем выше степень поражения листовой пластинки патогеном, тем меньше содержание фотосинтетических пигментов, что обусловлено увеличением площади некротизированной ткани при повышении степени поражения листьев церкоспорозом. Кроме того, отмечено закономерное снижение скорости фотосинтеза по мере увеличения степени поражения листьев. Обнаружена также значительная модуляция антиоксидантной системы, проявившаяся в изменении уровней содержания низкомолекулярных антиоксидантов – фенольных соединений – и антирадикальной активности в ткани листа [5].

Для защиты сахарной свеклы от церкоспороза, снижения его развития и вредоносности рекомендуется интегрированный подход, включающий агротехнические приемы, возделывание устойчивых сортов и гибридов, а также химические мероприятия. Нами на примере фунгицида Эминент 125 МЭ (тетраконазол, 125 г/л) рассмотрена возможность химического контроля болезни и влияния препарата на урожайность культуры.

### Место и методика проведения исследований

Исследования проводили в РУП «Институт защиты растений» и в экспериментальной базе «Свекловичная» (Несвижский район, Минская область) в полевых мелкоделяночных опытах в 2011 и 2017 г. Технология возделывания сахарной свёклы – общепринятая для зоны. Обра-

*Cercosporosis (the agent *Cercospora beticola* Sacc.) is one of the most wide-spread and harmful sugar beet diseases. At high severity, root crop yield and sugar content is significantly decreased, the physiological processes are violated. In the article the research results on studying the biological and economic fungicide Eminent 125 ME (tetraconazole, 125 g/l) efficiency against cercosporosis in sugar beet crops are presented.*

ботка фунгицидами – при первых признаках церкоспороза, норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га. Схемы опытов представлены в таблице.

В течение вегетационного периода наблюдения за развитием пятнистостей и учёты поражённости растений болезнями проводились по методикам, изложенным в книге «Методика исследований по сахарной свёкле» [3]. Технологические качества корнеплодов определяли в лаборатории РУП «Опытная научная станция по сахарной свёкле» (Несвижский район, Минская область).

### Результаты исследований и их обсуждение

В 2011 г. теплая погода и повышенное количество осадков в июле способствовали развитию церкоспороза. Фунгициды вносили 9 августа при распространённости 30,0 % и развитии болезни 2,4 %. Через неделю после обработки развитие церкоспороза в варианте без применения фунгицидов составило 4,4 %, с их применением – 0,4–0,6 %, при этом биологическая эффективность по снижению развития болезни – 86,4–90,9 %. В дальнейшем проходило нарастание развития болезни, и через месяц после обработки в варианте без фунгицидов оно достигло 27,1 %, с их применением – 4,6–5,5 %. Биологическая эффективность фунгицидов по снижению развития церкоспороза сохранилась на достаточно высоком уровне и составила 79,7–83,0 %. При учете перед уборкой (13 октября) биологическая эффективность не превышала 61,2 % при развитии болезни в варианте без применения фунгицидов 76,0 %.

В конце первой декады сентября в посевах сахарной свеклы проявилась мучнистая роса. Распространённость болезни в варианте без применения фунгицидов составила 40,0 % при развитии 16,0 %, в опытных вариантах болезнь не проявилась. При учете перед уборкой биологическая эффективность фунгицидов по снижению развития болезни составила 82,3–84,8 % при степени поражения растений в варианте без фунгицидов – 44,6 %. Во всех вариантах опыта получен достоверно сохраненный урожай корнеплодов по отношению к варианту без применения фунгицидов (таблица).

В 2017 г. погодные условия первой половины вегетации сахарной свеклы не благоприятствовали развитию церкоспороза, в результате чего первые признаки болезни были обнаружены в конце третьей декады июля. При учете перед обработкой фунгицидами (8 августа) распространённость церкоспороза составила 25,0 % при развитии 1,6 %. Погодные условия, сложившиеся практически в течение месяца после обработки, не способствовали



**Биологическая и хозяйственная эффективность фунгицида Эминент 125 МЭ (тетраконазол, 125 г/л) в посевах сахарной свеклы**

Экспериментальная база «Свекловичная», Несвижский район, Минская область, гибрид Вентура, 2011 г.							
Вариант	Биологическая эффективность* по снижению развития церкоспороза, %				Урожай корнеплодов, ц/га	Сахаристость корнеплодов, %	Расчётный выход сахара, ц/га
	18.08.	25.08.	08.09.	13.10.			
Без применения фунгицидов	4,4	10,4	27,1	76,0	717	17,66	126,6
Скор, КЭ (0,4 л/га) – эталон	86,4	88,5	79,7	57,1	799	17,46	139,5
Эминент 125 МЭ (0,7 л/га)	88,6	89,4	82,6	61,2	781	17,46	136,4
Эминент 125 МЭ (0,8 л/га)	90,9	94,2	83,0	60,5	793	17,84	141,5
НСР <sub>05</sub>					59		
РУП «Институт защиты растений», гибрид Родерика, 2017 г.							
Вариант	Биологическая эффективность* по снижению развития церкоспороза, %			Урожай корнеплодов, ц/га	Сахаристость корнеплодов, %	Расчётный выход сахара, ц/га	
	16.08.	13.09.	29.09.				
Без применения фунгицидов	3,2	7,6	19,5	604	16,85	101,8	
Рекс Дуо, КС (0,5 л/га)	87,5	84,2	83,6	631	17,60	111,1	
Эминент 125 МЭ (0,8 л/га)	84,4	84,2	79,5	624	16,90	105,5	
НСР <sub>05</sub>				86			

Примечание – \*В варианте без применения фунгицидов указано развитие церкоспороза, %.

распространению церкоспороза. В результате при учете 16 августа распространенность болезни в варианте без фунгицидной защиты составила 38,0 % при развитии 3,2 %, в вариантах с применением фунгицидов – 7,0 и 0,4–0,5 % соответственно. Биологическая эффективность по снижению распространенности церкоспороза при применении фунгицидов составила 81,6 %, по снижению развития учета – 84,4–87,5 %. При проведении учета 13 сентября распространенность церкоспороза в варианте без применения фунгицидов составила 48,0 % при развитии 7,6 %, а в вариантах с применением фунгицидов – 13,0–15,0 и 1,2 % соответственно. Биологическая эффективность по снижению распространенности церкоспороза была на уровне 68,8–72,9 %, по снижению развития болезни – 84,2 %. Существенной разницы в эффективности между изучаемыми вариантами не установлено.

Интенсивное нарастание церкоспороза наблюдалось во второй половине сентября, и к концу месяца распространенность болезни в варианте без применения фунгицидов составила 69,0 % при развитии 19,5 %; при применении фунгицидов – 22,0–26,0 и 3,2–4,0 % соответственно. Биологическая эффективность фунгицидов по снижению распространенности церкоспороза по отношению к предыдущему учету немного снизилась, но осталась на достаточном уровне и составила 62,3–68,1 %, по снижению развития болезни – 79,5–83,6 %. Изучаемые фунгициды в условиях умеренно-депрессивного развития церкоспороза достаточно эффективно сдерживали развитие болезни до уборки.

Применение фунгицидов позволило сохранить урожай корнеплодов и, тем самым, дополнительно получить 20–27 ц/га (при урожайности в варианте без применения фунгицидов 604 ц/га), увеличив выход сахара на 3,7–9,3 ц/га (при расчетном выходе сахара в варианте без применения фунгицидов – 101,8 ц/га) (таблица).

**Заключение**

Таким образом, результаты многолетних испытаний свидетельствуют о достаточно высокой эффективности фунгицида Эминент 125 МЭ в посевах сахарной свеклы, что позволяет рекомендовать однократное применение препарата против церкоспороза в условиях умеренно-депрессивного развития болезни.

**Литература**

1. Большая агрономическая энциклопедия болезней и вредителей: церкоспороз [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://agra.com.ua/field/296.htm>. – Дата доступа: 01.02.2016.
2. Жоржеско, Г. Г. Закономерности развития церкоспороза сахарной свеклы в Краснодарском крае и пути ограничения вредоносности болезни: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Г. Г. Жоржеско; УкрНИИЗР. – Киев, 1982. – 19 с.
3. Методика исследований по сахарной свекле / ВНИС. – Киев, 1986. – 71 с.
4. Салунская, Н. И. Пятнистость листьев, или церкоспороз / Н. И. Салунская // Свекловодство. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Госсельхозиздат УССР. – 1959. – Т. 3, ч. 1–2. – С. 413–432.
5. Cercosporosis harmfulness in sugar beet crops in Belarus/ Н. I. Hajjivieva [et. al.] // Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roslin: streszczenia, Poznan, 9–10 lut. 2017. – Poznan, 2017. – S. 92–93.

## Райдер, ВДГ в посевах озимого рапса

Е. Н. Полозняк, старший научный сотрудник  
Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 05.05.2018 г.)

В статье излагаются результаты изучения биологической и хозяйственной эффективности трехкомпонентного системного гербицида Райдер, ВДГ (этаметсульфурон метил, 750 г/кг + клопиралид, 20 г/кг + пиклорам, 5 г/кг) по снижению засоренности посевов озимого рапса однолетними двудольными сорными растениями.

### Введение

Одной из острых проблем современного земледелия является борьба с сорняками. Сорняки наносят огромный и разносторонний вред: снижают урожай, ухудшают качество продукции, способствуют распространению вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Наиболее эффективным методом борьбы с ними во всем мире является применение гербицидов, которые расширили возможности защиты посевов от сорных растений.

В республике зарегистрирован широкий ассортимент гербицидов, которые вносятся в почву до появления всходов культуры и по всходам сорняков. Однако данные препараты неэффективны против многолетних сорняков. Гербициды на основе клопиралида (Лонтрел 300, ВР; Лонтрел Гранд, ВДГ и др.) эффективны для искоренения многолетних двудольных сорняков из семейства астровых, однако также имеют ограниченный спектр действия на сорняки из семейства маревых, амарантовых и крестоцветных.

С целью контроля более широкого спектра двудольных сорных растений в посевах рапса нами изучался трехкомпонентный системный гербицид Райдер, ВДГ (этаметсульфурон метил, 750 г/кг + клопиралид, 20 г/кг + пиклорам, 5 г/кг) с нормой расхода препарата 25 г/га.

### Условия и методика проведения исследований

Изучение эффективности гербицида Райдер, ВДГ проводили в посевах озимого рапса сорта Зорны на опытном поле РУП «Институт защиты растений» в Минском районе Минской области по общепринятым методикам.

Технология возделывания культуры – общепринятая для данной зоны. Площадь опытной деланки – 15 м<sup>2</sup>, учетной – 0,5 м<sup>2</sup>, повторность опыта – четырехкратная. Посевы обрабатывали ранцевым опрыскивателем «Osatu 5» с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га.

In the article the results of studying the biological and economic efficiency of three-component systemic herbicide Rider, WDG (etametsulfuron methyl, 750 g/kg + clopyralid, 20 g/kg + picloram, 5 g/kg) on winter rape crops weed infestation decrease by annual dicotyledonous weed plants decrease are presented.

### Результаты исследований и их обсуждение

Перед обработкой озимого рапса в фазе 3–4 листьев агроценоз культуры был представлен однолетними двудольными сорными растениями. Наиболее распространенными из них были: фиалка полевая (55 шт./м<sup>2</sup>), звездчатка средняя (8), пастушья сумка (4), ромашка непахучая (4), ярутка полевая (2), василек синий (2 шт./м<sup>2</sup>). Общая засоренность посева двудольными сорняками в среднем составила 78 шт./м<sup>2</sup>.

Через 30 дней после обработки была отмечена полная гибель подмаренника цепкого, пастушьей сумки, ярутки полевой, василька синего. Численность ромашки непахучей снизилась на 91,6 %, масса – на 97,0 %; звездчатка средней – на 75,0 %, масса – на 83,6 % (таблица 1). По отношению к фиалке полевой Райдер, ВДГ был недостаточно эффективен. Общая эффективность против всех двудольных сорных растений в среднем составила 78,9 %, масса снизилась на 82,2 %, в эталоне – 73,8 и 72,3 % соответственно.

Перед уборкой общая гибель сорных растений от применения Райдера, ВДГ в норме расхода препарата 25 г/га составила 92,6 % (в эталоне – 84,9 %), при этом вегетативная масса снизилась на 97,2 и 90,5 % соответственно, что позволило сохранить урожай семян рапса до 5,7 ц/га или 11,0 % по отношению к варианту без применения гербицида (таблица 2).

Также проводились исследования по оценке эффективности гербицида Райдер, ВДГ, применяемого весной в фазе стеблевания культуры. Видовой состав сорных растений был представлен звездчаткой средней (18 шт./м<sup>2</sup>), ромашкой непахучей (9), фиалкой полевой (8), пастушьей сумкой (4), желтушником левкойным (2 шт./м<sup>2</sup>). Общая засоренность посева в среднем составила 41 шт./м<sup>2</sup>.

Через 30 дней после опрыскивания в варианте опыта была отмечена полная гибель желтушника левкойного. Гибель ромашки непахучей, звездчатки средней, пасту-

Таблица 1 – Биологическая эффективность гербицида Райдер, ВДГ в семенном посеве озимого рапса через 30 дней после опрыскивания (мелкоделаночный опыт, РУП «Институт защиты растений», среднее за 2016–2017 гг.)

Вариант	Снижение численности сорняков, % к варианту без применения гербицида						
	всех двудольных	ромашка непахучая	подмаренник цепкий	пастушья сумка	ярутка полевая	василек синий	звездчатка средняя
Вариант без применения гербицида *	$\frac{23}{114}$	$\frac{4}{15,0}$	$\frac{3}{11,0}$	$\frac{4}{21,4}$	$\frac{2}{26,5}$	$\frac{2}{17,0}$	$\frac{8}{23,0}$
Галера Супер 364, ВР – 0,3 л/га (эталон)	$\frac{73,8}{72,3}$	100	100	$\frac{65,0}{64,4}$	$\frac{50,0}{81,1}$	100	$\frac{33,6}{39,9}$
Райдер, ВДГ – 25 г/га	$\frac{78,9}{82,2}$	$\frac{91,6}{97,0}$	100	100	100	100	$\frac{75,0}{83,6}$

Примечание – В варианте без применения гербицида\* в числителе указана численность сорных растений, шт./м<sup>2</sup>, в знаменателе – их вегетативная масса, г/м<sup>2</sup>. В вариантах с гербицидами: в числителе – снижение численности сорняков к варианту без применения гербицида, %, в знаменателе – снижение их массы к варианту без применения гербицида, %.

Таблица 2 – Хозяйственная эффективность гербицида Райдер, ВДГ в семенном посеве озимого рапса (мелкоделяночный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2016–2017 гг.)

Вариант	Урожай семян, ц/га	Сохраненный урожай, ц/га
Вариант без применения гербицида	46,2	–
Галера Супер 364, ВР – 0,3 л/га (эталон)	51,8	5,6
Райдер, ВДГ – 25 г/га	51,9	5,7
НСР <sub>05</sub>	3,3	

шьей сумки составила 73,3–82,5 %. Численность фиалки полевой уменьшилась на 50,8 %. Гибель всех двудольных сорных растений в среднем составила 75,7 %. При этом перед уборкой вегетативная масса сорняков в варианте опыта уменьшилась на 91,0 % (в эталоне – на

63,0 %). Гибель всех сорных растений составила 80,0 % (в эталоне – 75,4 %).

В результате применения гербицида Райдер, ВДГ величина сохраненного урожая озимого рапса составила 3,4 ц/га или 11,6 % по отношению к варианту без применения гербицида.

**Заключение**

На основании результатов исследований гербицид Райдер, ВДГ в норме расхода препарата 25 г/га включен в «Государственный реестр...» и рекомендован для широкого применения в хозяйствах республики.

Соблюдение регламента его применения позволит обеспечить чистоту озимого рапса от однолетних двудольных сорных растений в течение всего вегетационного периода и получить высокий урожай семян рапса.

**Преимущество гербицида:**

- сочетание трех системных действующих веществ разных химических классов способствует снижению риска появления резистентных форм сорняков;
- высокая эффективность против сорных растений;
- широкое окно применения – от фазы 3 листьев у культуры до стеблевания; удобная препаративная форма.

УДК 633.112.9"321":632.952:632.4

**Эффективность протравителей в защите ярового тритикале от корневой гнили**

В. А. Радивон, научный сотрудник  
Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 16.02.2018 г.)

В статье приведены результаты исследований 2016–2017 гг. по биологической и хозяйственной эффективности протравителей семян Иншур Перформ, КС; Максим Стар, КС; Сертикор, КС и Оплот Трио, ВСК в защите ярового тритикале от корневой гнили. Изучаемые препараты способствовали снижению инфицированности семенного материала фитопатогенными грибами, увеличению всхожести семян и снижению развития корневой гнили. Биологическая эффективность в защите от корневой гнили варьировала в пределах от 33,5 до 84,9 % в зависимости от года исследования и стадии развития растений. Применение фунгицидных протравителей для предпосевной обработки семян способствовало увеличению продуктивной кустистости растений, массы 1000 зерен и сохранению статистически достоверного урожая зерна.

**Введение**

Корневая гниль – широко распространенная хроническая болезнь зерновых культур [1]. В настоящее время в Республике Беларусь в посевах яровых зерновых культур доминирует корневая гниль фузариозной этиологии [2]. Поражение всходов болезнью приводит к побурению колесоптиля, узла кущения, первичных и вторичных корней, эпикотила, основания первого листа. При более позднем поражении отмечается побурение, загнивание и отмирание первичных и вторичных корней, подземного междоузлия, реже основания стебля. В результате патологии растения отстают в росте, слабо кустятся, снижается их продуктивная кустистость. Вредоносность болезни характеризуется снижением продуктивной кустистости и количества зерен в колосе. Наиболее чувствительным элементом, реагирующим на поражение корневой гнилью, является масса 1000 зерен [3]. Потери урожая от болезни

The article presents the results of seed dressers (Inshur Perform; Maxim Star; Certikor and Oplot Trio) biological and economic efficiency study against spring triticale root rot in 2016–2017. Fungicides contributed to the decrease of seed infection with phytopathogenic fungi and to the increase of seed germination. The severity of root rot has been reduced by applying the seed dressers. The efficiency of fungicides have ranged from 33,5 to 84,9 % depending on the plant growth stage and years of study. Applying seed dressers have increased productive tillering of plants, 1000 kernels weight and the preservation of statistically significant grain yield.

в среднем составляют до 25,0 % [4], а на отдельных полях и в отдельные годы достигают 50,0 % [5].

Источником болезни являются семена, растительные остатки и почва. В настоящее время на семена, как главный источник первичного заражения корневой гнилью, обращено самое пристальное внимание в связи с созданием новых высокоэффективных фунгицидов системного пролонгированного действия [3]. Заражение семенного материала патогенными видами грибов негативно сказывается на посевных качествах, что в дальнейшем приводит к существенным потерям урожайности. В условиях Республики Беларусь инфицированность семян яровых зерновых культур патогенными грибами рода *Fusarium* отмечается повсеместно и в отдельные годы находится на высоком уровне. Так, была отмечена сильная зараженность отдельных партий яровой пшеницы – до 93,0 % [2]. Фузариевые грибы проникают в ткани зерновки и могут



локализоваться в оболочке, эндосперме и зародыше. Пораженные зерновки обесцвечиваются, деформируются или вообще не имеют явных признаков поражения. Даже при отсутствии видимых симптомов зараженное зерно характеризуется низкой всхожестью [6].

Другими распространенными грибами, контаминирующими семена зерновых культур, являются представители рода *Alternaria*, процент зараженности которыми достигает 90,0 [3]. Инфицирование зерна видами *Alternaria* в норме не сопровождается проявлением каких-либо симптомов. Отмечается, что при посеве таких семян в почву не наблюдается снижения полевой всхожести, число продуктивных стеблей и пораженность растений корневой гнилью остаются на уровне контроля [7].

Протравливание семян – первый и один из важнейших этапов формирования оптимального фитопатологического состояния посевов, который является экологически безопасным и наиболее экономичным приемом в системе защиты зерновых культур. Прием обеззараживания семян направлен на снижение количества исходного инокулюма в природном биоценозе с целью предотвращения развития эпифитотии. Современные протравители, кроме непосредственного действия на инфекцию, могут оказывать благоприятное действие на растение – стимулировать полевую всхожесть, нивелировать влияние нарушений технологии возделывания культуры и неблагоприятного гидротермического режима в период посев – всходы [2].

Яровое тритикале в условиях нашей республики является одной из высокоурожайных и высокобелковых яровых культур [8]. Оно, как и другие зерновые, подвержено поражению корневой гнилью, развитие которой к концу вегетации может достигать 50,6 % [9]. Для успешного возделывания культуры и получения высоких урожаев необходимо применять рекомендованные в посевах ярового тритикале протравители семян. Однако в связи с непродолжительным периодом возделывания культуры в нашей стране – с 1997 г. [10] и небольшими посевными площадями (до 30 тыс. га) ассортимент разрешенных к применению на территории Республики Беларусь протравителей в защите ярового тритикале ограничен.

В связи с этим нами проводились исследования ряда современных препаратов с целью определения их биологической и хозяйственной эффективности в посевах культуры. Оценивали эффективность протравителей Максим Стар, КС (флудиоксонил, 19 г/л + ципроконазол, 6,3 г/л) в нормах расхода 1,0–1,5 л/т; Сертикор, КС (мефеноксама 20 г/л + тебуконазола 30 г/л) – 0,75–1,0 л/т и Оплот Трио, ВСК (тебуконазол, 45 г/л + дифеноконазол, 90 г/л + азоксистробин, 40 г/л.) – 0,5–0,6 л/т. В качестве эталона выступал препарат Иншур Перформ, КС в норме расхода 0,5 л/т (пираклостробина 40 г/л + тритиконазола 80 г/л).

В состав каждого из протравителей входит действующее вещество из группы триазолов. Это самая большая группа фунгицидов, относящаяся к классу азолов. Главной мишенью поражения триазолов являются стеролы, необходимые для формирования клеточных мембран гриба, без которых патоген не развивается и погибает [11]. Триазолы более токсичны для мицелия гриба, чем для спор, но способны ингибировать образование инфекционных структур. Вещества этой группы являются основой ассортимента протравителей семян зерновых культур, защищающих от различных видов головни и инфекций, вызывающих корневую гниль. Препараты Иншур Перформ, КС и Оплот Трио, ВСК помимо триазолов содержат химические вещества из класса стробилуринов, ингибирующие митохондриальное дыхание клеток патогенов. Из-за широкого спектра действия и низкой опасности для окружающей среды стробилурины считаются наиболее значимой группой, появившейся после фунгицидов триа-

зольного ряда. Они обладают лечебным, защитным и искореняющим действием, являются хорошими ингибиторами прорастания спор [12]. Протравитель Максим Стар, КС включает в себя действующее вещество из класса фенилпирролов – флудиоксонил, приводящий к разрыву клеточных мембран. Флудиоксонил – относительно стойкое вещество, но может быстро разрушаться в процессе фотоллиза. Обладает длительным защитным и слабым системным действием. Является малотоксичным веществом для теплокровных животных и человека, щадяще действует на почвенную микробиоту. Эффективно подавляет развитие патогенов из рода *Fusarium* [3, 11]. Мефеноксам из группы фениламидов, входящий в состав препарата Сертикор, КС, ингибирует образование белков, подавляет синтез рибонуклеиновой кислоты в клетках грибов-патогенов. Высокую эффективность мефеноксам проявляет в угнетении грибов рода *Pythium*, которые, поражая корни на ранней стадии развития растений, открывают ворота другим возбудителям корневой гнили, что и усиливает вредоносность последних [13].

### Условия и методы проведения исследований

Исследования выполнены в лаборатории фитопатологии РУП «Институт защиты растений» в 2016–2017 гг. Почва опытного поля дерново-подзолистая легкосуглинистая, рН – 5,6–6,1, содержание гумуса – 2,0–2,2 %. Агротехника в опытах общепринятая для возделывания ярового тритикале в центральной агроклиматической зоне Республики Беларусь. В исследованиях использовали сорт ярового тритикале Дублет. Опыты закладывали в 4-кратной повторности, размер опытных делянок – 15 м<sup>2</sup>. Протравливание семян осуществляли из расчета 10 л рабочей жидкости на тонну семян с использованием протравочной машины «Hege-11».

Степень поражения растений корневой гнилью определяли на основании шкалы, предложенной А. Ф. Коршуновой, А. Е. Чумаковым и Р. И. Щекочиной [1]. Фенологические стадии развития растений отмечали по десятичному коду согласно шкале ВВСН [14]. Оценку эффективности протравителей и фунгицидов осуществляли согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [15].

Уборку урожая зерна в полевых опытах проводили путем прямого комбайнирования и обмолота с учетной делянки комбайном «Hege MDW», после чего определялся бункерный, а затем амбарный вес зерна в пересчете на стандартную 14%-ную влажность и 100%-ную чистоту. Хозяйственную эффективность рассчитывали на основе величины сохраненного урожая, полученной за счет проведения защитных мероприятий, в сравнении с контролем.

Статистическую обработку результатов исследований проводили по общепринятым методикам с использованием пакета программ MS Excell [16].

### Результаты исследований и их обсуждение

Изучено действие протравителей на семенную инфекцию и посевные качества семян ярового тритикале. Результаты исследований позволили установить высокую общую инфицированность семенного материала различной микробиотой (до 100 %), из которой грибы рода *Fusarium* занимают 10,0–10,5 %, *Alternaria* – 84,4–90,0 %. Применение препаратов для предпосевной обработки способствовало снижению инфицированности и увеличению лабораторной и полевой всхожести. Установлено, что все изучаемые препараты ингибировали фузариозную семенную инфекцию. Биологическая эффективность стробилуриносодержащих препаратов (Иншур Перформ, КС и Оплот Трио, ВСК) и фенилпирролсодержащего протравителя Максим Стар, КС в снижении инфицированности грибами рода *Fusarium* была на уровне 54,3–100 %,

несколько ниже отмечена у препарата Сертикор, КС – 30,5–80,0 % (таблица 1). Наибольшую эффективность в подавлении контаминирования семян грибами рода *Alternaria* обеспечили препараты Максим Стар, КС и Оплот Трио, ВСК – от 84,5 до 100 %.

Степень поражения корневой гнилью ярового тритикале варьировала за годы исследований, что связано с условиями, в которых произрастала культура. Как было упомянуто выше, основными возбудителями корневой гнили являются грибы рода *Fusarium*, которые могут вести как паразитический образ жизни, так и сапротрофный. К паразитическому образу жизни они переходят в случае ухудшения физиологического состояния растения-хозяина. Оптимальные условия для роста и развития растений обуславливают «невосприимчивость» их к поражению благодаря продуктам своей жизнедеятельности, обеспечивая таким образом сапротрофный образ жизни потенциального возбудителя. При ухудшении физиологического состояния растений изменяется состав продуктов их обмена, что сказывается на переходе патогена от сапротрофного к паразитическому образу жизни. Чем лучше условия, в которых развивается культура, тем ниже степень ее поражения [17].

В 2016 г. степень поражения растений ярового тритикале в ст. 25–32 была невысокой – 5,3–7,0 %. Биологическая эффективность препаратов на фоне депрессивного развития болезни в варианте без обработки в ст. 25 незначительно колебалась в зависимости от препарата и нормы расхода. Из исследуемых препаратов выделялся протравитель Сертикор, где показатель биологической эффективности находился в пределах 37,7–47,2 %. Однако уже в стадии 32 биологическая эффективность препарата составила 45,7–64,3 %, что связано с интенсивным отращиванием вторичной корневой системы, на которой

признаки поражения болезнью практически отсутствовали в вариантах с применением препаратов (таблица 2).

Неблагоприятные условия для роста и развития ярового тритикале сложились в начале онтогенеза растений в 2017 г. В связи с затяжными дождями сев культуры был осуществлен в переувлажненную почву. В ст. 21 наблюдалась максимальная распространенность (100 %) мучнистой росы в посевах культуры, что значительно ослабило рост и развитие растений. Степень поражения корневой системы ярового тритикале уже в ст. 25 составила 16,1 %. Биологическая эффективность протравителей в максимальных нормах расхода находилась на уровне 45,3–60,9 %. К стадии 32 максимальный защитный эффект отмечен при использовании препарата Оплот Трио, ВСК – 64,7–67,7 %.

Применение протравителей обеспечило получение статистически достоверного сохраненного урожая за счет увеличения массы 1000 зерен и количества продуктивных стеблей, что обусловило сохранение от 2,4 до 4,4 ц/га зерна в 2016 г. и от 1,5 до 3,9 ц/га в 2017 г. (таблица 3).

**Заключение**

Применение препаратов для предпосевной обработки семян способствовало снижению инфицированности зерновок ярового тритикале грибами рода *Fusarium* от 30,5 до 100 %, поражения корневой гнилью – от 33,5 до 84,9 %, что обеспечило сохранение дополнительно до 3,9 ц/га зерна за счет увеличения количества продуктивных стеблей и массы 1000 зерен.

**Литература**

1. Коршунова, А. Ф. Защита пшеницы от корневых гнилей / А. Ф. Коршунова, А. Е. Чумаков, Р. И. Щекочихина // 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1976. – 184 с.

**Таблица 1 – Влияние протравителей на инфицированность и всхожесть семян ярового тритикале (РУП «Институт защиты растений», сорт Дублет)**

Вариант	Норма расхода, л/т	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %	Инфицированность семян грибами			
				<i>Fusarium</i> spp.		<i>Alternaria</i> spp.	
				%	БЭ, %	%	БЭ, %
<b>2016 г.</b>							
Без обработки	–	95,0	86,8	10,5	–	84,4	–
Иншур Перформ, КС	0,5	96,0	89,5	4,3	59,0	47,3	44,0
Максим Стар, КС	1,0	97,0	89,0	4,8	54,3	13,1	84,5
Максим Стар, КС	1,5	99,0	89,0	3,0	71,4	12,4	85,3
Сертикор, КС	0,75	96,0	88,0	7,3	30,5	43,8	48,1
Сертикор, КС	1,0	99,0	90,8	6,1	41,9	41,4	50,9
<b>2017 г.</b>							
Без обработки	–	94,0	71,5	10,0	–	90,0	–
Иншур Перформ, КС	0,5	97,0	73,5	0,0	100	25,0	72,2
Максим Стар, КС	1,0	97,0	75,0	0,0	100	0,0	100
Максим Стар, КС	1,5	98,0	77,5	0,0	100	0,0	100
Сертикор, КС	0,75	99,0	84,0	5,0	50,0	26,0	71,1
Сертикор, КС	1,0	95,0	71,5	2,0	80,0	24,0	73,3
Оплот Трио, ВСК	0,5	94,0	76,5	2,0	80,0	5,0	94,4
Оплот Трио, ВСК	0,6	96,0	78,8	0,0	100	1,0	98,9

Примечание – БЭ – биологическая эффективность.

**Таблица 2 – Влияние протравителей на развитие корневой гнили в посевах ярового тритикале (РУП «Институт защиты растений», сорт Дублет)**

Вариант	Норма расхода, л/т	Корневая гниль			
		ст. 25		ст. 32	
		R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
<b>2016 г.</b>					
Без обработки	–	5,3	–	7,0	–
Иншур Перформ, КС	0,5	2,0	62,3	3,3	52,9
Максим Стар, КС	1,0	1,3	75,5	2,3	67,1
Максим Стар, КС	1,5	0,8	84,9	2,1	70,0
Сертикор, КС	0,75	3,3	37,7	3,8	45,7
Сертикор, КС	1,0	2,8	47,2	2,5	64,3
<b>2017 г.</b>					
Без обработки	–	16,1	–	17,3	–
Иншур Перформ, КС	0,5	8,8	45,3	8,7	49,7
Максим Стар, КС	1,0	10,5	34,8	11,4	34,1
Максим Стар, КС	1,5	8,3	48,4	11,1	35,8
Сертикор, КС	0,75	8,4	47,8	11,2	35,3
Сертикор, КС	1,0	6,3	60,9	9,6	44,5
Оплот Трио, ВСК	0,5	10,7	33,5	6,1	64,7
Оплот Трио, ВСК	0,6	6,6	59,0	5,5	67,6

Примечание – R – развитие; БЭ – биологическая эффективность.

**Таблица 3 – Хозяйственная эффективность протравителей в защите ярового тритикале от болезней (РУП «Институт защиты растений», сорт Дублет)**

Вариант	Норма расхода, л/т	Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Масса 1000 зерен, г	Урожайность	
				ц/га	± к варианту без обработки, ц/га
<b>2016 г.</b>					
Без обработки	–	504	36,2	35,5	–
Иншур Перформ, КС	0,5	518	37,3	39,3	3,8
Максим Стар, КС	1,0	528	36,7	39,0	3,5
Максим Стар, КС	1,5	535	36,9	39,9	4,4
Сертикор, КС	0,75	522	36,7	37,9	2,4
Сертикор, КС	1,0	540	36,8	39,6	4,1
НСР <sub>05</sub>				1,4	
<b>2017 г.</b>					
Без обработки	–	420	34,25	29,7	–
Иншур Перформ, КС	0,5	473	34,94	32,4	2,7
Максим Стар, КС	1,0	440	35,10	31,2	1,5
Максим Стар, КС	1,5	467	35,80	31,9	2,2
Сертикор, КС	0,75	434	34,62	32,5	2,8
Сертикор, КС	1,0	463	35,94	33,6	3,9
Оплот Трио, ВСК	0,5	458	34,40	31,9	2,2
Оплот Трио, ВСК	0,6	465	34,57	32,2	2,5
НСР <sub>05</sub>				1,5	



- Буга, С. Ф. Научные основы эффективного использования протравителей семян для защиты зерновых культур от болезней / С. Ф. Буга, А. Г. Жуковский, А. Г. Ильюк. – Минск: Белбланкавид, 2011. – 52 с.
- Буга, С. Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси: монография / С. Ф. Буга; РУП «Ин-т защиты растений». – Невиж: Несвиж.укрупн. тип. им. С. Будного, 2013. – 240 с.
- Huber, D. M. Incidence and severity of take-all of wheat in Indiana / D. M. Huber // Plant Disease. – 1981. – № 65. – С. 734–737.
- Cook, J. Fusarium root and foot rot of cereals in the Pacific Northwest / J. Cook // Phytopathology. – 1968. – № 58. – С. 127–131.
- Гакаева, Т. Ю. Фузариоз зерновых культур / Т. Ю. Гакаева, О. П. Гаврилова // Защита и карантин растений. – 2009. – № 12. – С. 13–15.
- Ганнибал, Ф. Б. Альтернатива зерна – современный взгляд на проблему / Ф. Б. Ганнибал // Защита и карантин растений. – 2014. – № 6. – С. 11–15.
- Гриб, С. И. Основные элементы технологии возделывания ярового тритикале в Беларуси / С. И. Гриб, Т. М. Булавина, А. В. Бондаренко // Вести НАН Беларуси. Сер. аграрных наук. – 2004. – № 4. – С. 47–51.
- Радивон, В. А. Динамика развития болезней в посевах сортов ярового тритикале / В. А. Радивон, А. Г. Жуковский // Молодежь в науке – 2016: сбор. материалов Междунар. конф. молодых ученых, Минск, 22–25 ноября 2016 г. Аграрные науки / НАНБ. Совет молодых ученых; редкол.: В. Г. Гусаков и [др.]. – Минск: Беларуская навука, 2017. – С. 267–273.
- Булавина, Т. М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси: монография / Т. М. Булавина; Ред. С. И. Гриб; Институт земледелия и селекции НАН Беларуси. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 224 с.
- Попов, С. Я. Основы химической защиты растений / С. Я. Попов, Л. А. Дорожкина, В. А. Калинин. – Москва: Арт-Лион, 2003. – 208 с.
- Тюттерев, С. Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы / С. Л. Тюттерев – СПб.: ИПК «Нива», 2010. – 172 с.
- Гришечкина, Л. Д. Препараты на основе тебуконазола для защиты пшеницы яровой от семенной и почвенной инфекции / Л. Д. Гришечкина // Агро XXI. – 2014. – № 1–2. – С. 31–34.
- Пригге, Г. Грибные болезни зерновых культур / Г. Пригге, М. Герхард, И. Хабермайер; под ред. Ю. М. Стройкова. – Лимбургерхов, 2004. – 183 с.
- Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / РУП «Институт защиты растений». – Несвиж: Несвиж. тип. им. С. Будного, 2004. – 512 с.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Буга, С. Ф. Проблема корневых гнилей зерновых культур в Беларуси / С. Ф. Буга // Земледелие и защита растений. – 2005. – № 2. – С. 37–41.

УДК 633.11:632.4:632.952

## Биологические препараты для защиты от болезней листьев пшеницы озимой в западной лесостепи Украины

Г. Я. Билувус, О. А. Ващишин, О. Н. Пристацкая, М. Р. Добровецкая  
Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН Украины

(Дата поступления статьи в редакцию 11.01.2018 г.)

*В полевых условиях изучено использование биологических препаратов Планриз БТ, в. с. и Триходермин БТ, п. как средства защиты растений пшеницы озимой. Техническая эффективность Триходермина БТ, п. за годы исследований для мучнистой росы составила 47,4 %, для темно-бурой пятнистости листьев – 41,2 %, для септориоза листьев – 40,2 %. Немного меньшая эффективность отмечена при применении Планриза БТ, в. с. – 42,0 %, 33,1 и 31,7 % соответственно.*

*Доказано, что использование этих препаратов в сравнении с контролем способствует ограничению развития мучнистой росы в среднем на 7,2–8,2 %, темно-бурой пятнистости листьев – на 4,0–5,0 %, септориоза листьев – на 4,2–5,4 % и повышению урожайности пшеницы озимой на 0,17–0,35 т/га.*

### Введение

Ухудшение состояния окружающей среды в Украине обусловлено значительным количеством негативных экологических факторов, в том числе бездумным применением химических средств защиты растений, и теперь требует постоянного поиска мер по уменьшению пестицидной нагрузки на агроценозы [1].

Сегодня перспективным считается экологический подход, который предусматривает оптимальную комбинацию биологических, агротехнических, селекционно-генетических и других методов, направленных против комплекса болезней пшеницы озимой. Весомым звеном в этой цепи является биометод, в частности использование биопрепаратов [1].

В основу биологических препаратов положены существующие в природе полезные для защиты растений микроорганизмы или продукты, которые вызывают заболевания и гибель вредителей растений. Биологические средства предназначены не для полного истребления популяции вредного вида, а только для снижения вредности до приемлемого уровня [2, 3].

Болезни листьев являются наиболее распространенным фактором потерь урожая пшеницы озимой. Видовой

*In the field, the use of biological preparations Planris BT, vs., and Trichodermine BT, p., as a means of protecting winter wheat plants has been studied. The technical efficiency of the preparation Trichodermine BT, p., as of the years of research for powdery mildew, was 47,4 %, for the dark brown leaf spot – 41,2 %, for septoria leaf – 40,2 %. When applying Planris BT, vs. a slightly lower efficacy of the drug compared with Trichodermine BT, p., which was respectively 42,0 %, 33,1 %, 31,7 %.*

*It is proved that the use of these drugs on average for years of research in comparison to control contributes to limiting the development of causative agents of powdery mildew by 7,2–8,2 %, dark brown leaf spotting – 4,0–5,0 %, septoria leaf – 4,2–5,4 % and an increase in the yield of winter wheat by 0,17–0,35 t/ha.*

состав возбудителей довольно разнообразен и динамичен в разные годы [4–6]. На пшенице озимой в западной лесостепи Украины наиболее распространены и вредоносны септориоз листьев и колоса, мучнистая роса, корневые гнили, фузариоз колоса и др. [4–6]. Следует отметить, что недобор урожая от комплекса болезней составляет в среднем 12–18 %, а в годы эпифитотий – 25–50 % и более [4–7]. Исследования по этому направлению являются чрезвычайно актуальными, среди которых основное место занимает уменьшение потерь урожая от таких распространенных в регионе заболеваний листьев пшеницы озимой, как мучнистая роса, темно-бурая пятнистость и септориоз.

Основной целью исследований было изучение влияния биологических препаратов на развитие болезней листьев пшеницы озимой.

### Методы и условия проведения исследований

Исследования проводили на полях Института сельского хозяйства Карпатского региона в течение 2014–2015 гг. Объектом исследований был сорт пшеницы озимой Колос Миронивщины. Технология выращивания пшеницы озимой – общепринятая для зоны.

Опыт включал следующие варианты: 1 – контроль (без обработки); 2 – Планриз БТ, в. с. (1,0 л/т); 3 – Триходермин БТ, п. (10 г на 5 л воды).

Планриз БТ, в. с. использовали для протравливания семян, а Триходермин БТ, п. – для обработки растений во время вегетации (фазы ВВСН 39 и 60).

Триходермин БТ, п. – культуральная жидкость, содержащая споры и мицелий гриба-антагониста *Trichoderma lignorum*. За счет высокой биологической активности гриб *Trichoderma lignorum* быстро осваивает субстрат, активно участвует в разложении органических соединений, процессах аммонификации и нитрификации, усиленной мобилизации фосфора и калия, обогащая почву подвижными формами питательных веществ. Выделяемые грибом *Trichoderma lignorum* биологически активные вещества в определенной концентрации стимулируют рост и развитие растений. В почве гриб *Trichoderma lignorum* развивается на различных растительных остатках, богатых целлюлозой, на мицелии и покоящихся плодовых телах фитопатогенов. Температурный оптимум для развития *Trichoderma lignorum* в культуре – +24...+28 °С, максимальная температура составляет +31...+33 °С, минимальная – +12...+18 °С. В естественных условиях при оптимальной влажности и аэрации почвы антагонистические свойства гриба *Trichoderma lignorum* хорошо проявляются и при температурах, близких к +20 °С. Гриб является аэробом, что объясняет его быстрое развитие в хорошо аэрируемых почвах, богатых органическими веществами. Гриб способен развиваться в широком диапазоне рН почвы, но его антагонистические свойства наиболее эффективно проявляются в почве с рН 5–7.

Планриз БТ, в. с. – культуральная жидкость, содержащая ризосферные бактерии *Pseudomonas fluorescens* AP 33, а также выделяемые бактериями в процессе производственного культивирования биологически активные вещества. Бактерии *Pseudomonas fluorescens* AP 33 хорошо осваивают различные органические субстраты и в процессе роста и размножения продуцируют биологически активные вещества, органические кислоты, растворяющие труднодоступные минеральные соединения, которые впоследствии усваиваются растениями. Бактерии *Pseudomonas fluorescens* AP 33, кроме прямого подавления вредной микрофлоры, способствуют выделению растениями фитоалексинов, что способствует повышению иммунитета вегетирующих культур.

Во время исследований на пшенице озимой определяли развитие мучнистой росы, темно-бурой пятнистости листьев и септориоза листьев, техническую эффективность препаратов и урожайность согласно общепринятым методикам [8–10]. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [11].

Теплая и сухая весна способствовала хорошему росту и развитию растений в 2014 г. Средняя месячная температура мая–августа превышала многолетние показатели, кроме II декады июня (на 0,3 °С меньше нормы). Количество осадков превышало средние многолетние показатели, во II декаде мая выпало 86,7 мм (при норме 30,0 мм), а в III декаде – 38,3 мм (при норме 31,0 мм). В I декаде июля в период формирования зерна выпала двойная норма осадков – 73,7 мм (норма 32 мм), которая не имела влияния на его наполненность, поскольку дожди не были продолжительными. В целом период созревания-уборки был благоприятным для получения большого урожая и его уборки в оптимальные сроки.

Весна 2015 г. была теплой и сухой. Температура апреля превышала средние многолетние показатели на 0,7 °С, а месячное количество осадков составляло 44 % от нормы. В III декаде мая выпало большое количество осадков ливневого характера, что на 51,8 % больше нормы. Температурные показатели июня и июля были высокими и превышали средние многолетние на 1,5–2,4 °С, а количество осадков было меньше на 50,7 и 14,6 % (рисунок 1).

**Результаты исследований и их обсуждение**

Развитие мучнистой росы в контроле (фаза молочной спелости) в 2014 г. было на 5,9 и 6,3 % выше, чем в вариантах с применением Планриза и Триходермина соответственно (рисунок 2). Следует отметить, что развитие темно-бурой пятнистости листьев в контроле составило 10,0 %, а при использовании препаратов – на 3,5–3,9 % меньше. Развитие септориоза листьев в контроле на 4,5–5,8 % также было больше, чем при применении биопрепаратов.

В 2015 г. развитие болезней в контроле в фазе молочной спелости составило: мучнистой росы – 19,0 %, темно-бурой пятнистости листьев – 14,0 %, септориоза листьев – 12,0 %, тогда как в варианте с Планризом – соответственно 10,5 %, 9,5 и 8,0 %. Под действием Триходермина развитие указанных болезней было на 10,0 %, 6,0 и 5,0 % меньше, чем в контроле (рисунок 2).

Техническая эффективность экологически безопасного препарата Триходермин за годы исследований для мучнистой росы составляла 47,4 %, для темно-бурой пятнистости листьев – 41,2 %, для септориоза листьев – 40,2 %. Несколько меньшая эффективность оказалась при применении Планриза – соответственно 42,0 %, 33,6 и 31,7 %.

В контроле урожайность в среднем за 2014–2015 гг. составила 4,46 т/га. Следует отметить, что применение биопрепаратов способствовало повышению урожайности в среднем на 0,17–0,35 т/га (рисунок 3).

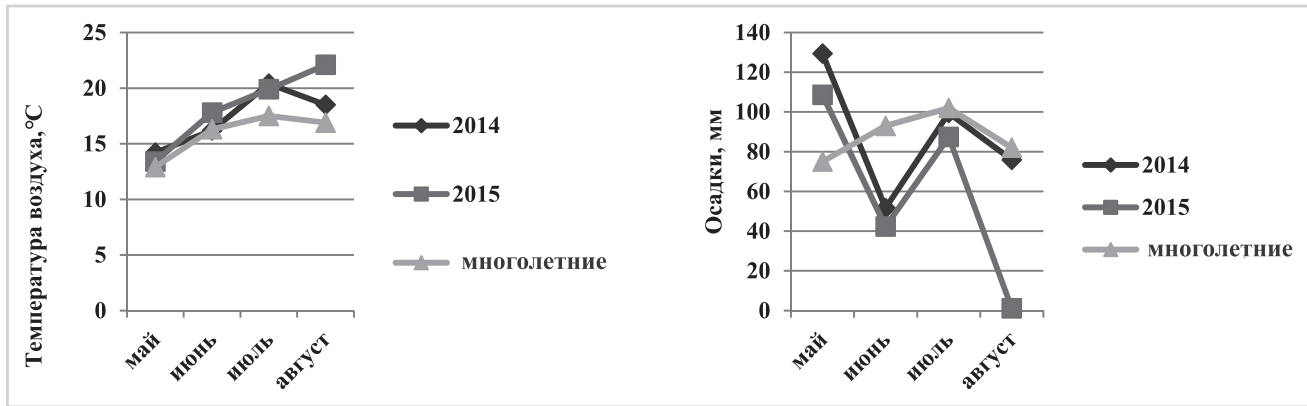


Рисунок 1 – Погодные условия вегетационных периодов пшеницы озимой (2014–2015 гг.)

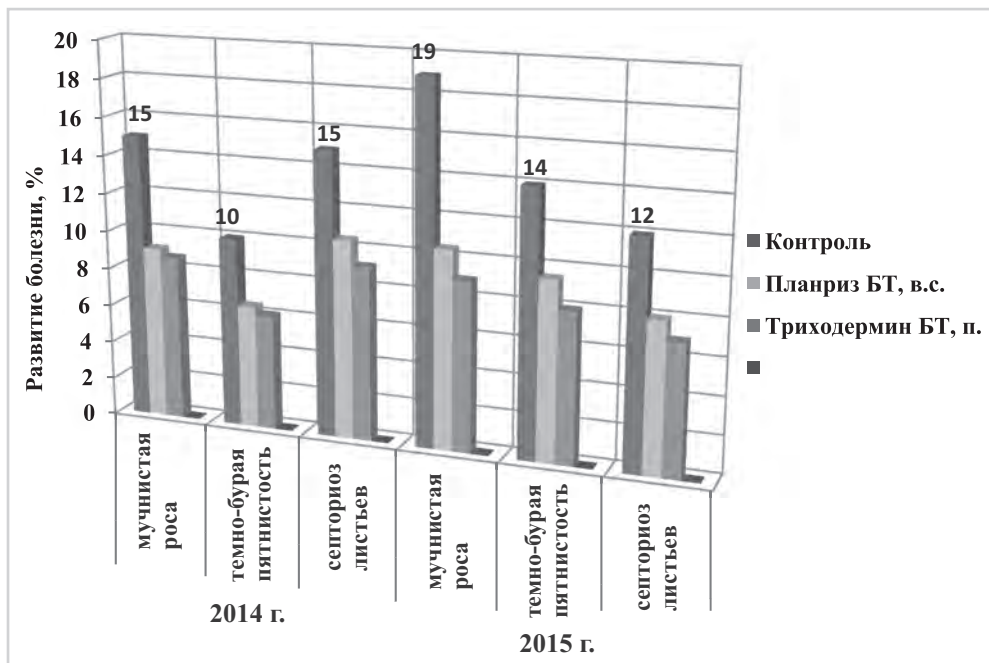


Рисунок 2 – Влияние биопрепаратов на развитие болезней пшеницы озимой (2014–2015 гг.)

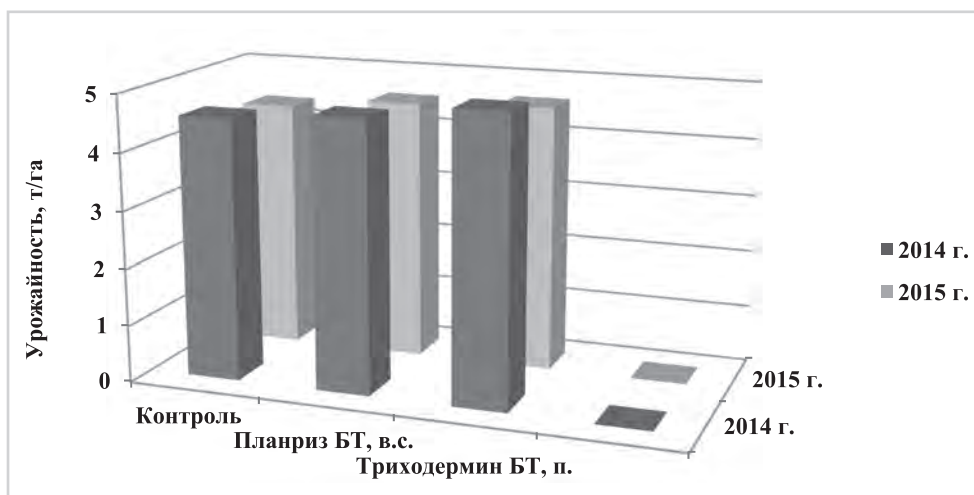


Рисунок 3 – Влияние биопрепаратов на урожайность пшеницы озимой (2014–2015 гг.)

**Заключение**

В полевых условиях изучено использование биологических препаратов Планриз БТ, в. с. и Триходермин БТ, п. как средства защиты растений пшеницы озимой.

Техническая эффективность препарата Триходермин БТ, п. за годы исследований для мучнистой росы составляла 47,4 %, для темно-бурой пятнистости листьев – 41,2 %, для септориоза листьев – 40,2 %, а Планриза БТ, в. с. – 42,0 %, 33,6 и 31,7 % соответственно.

Доказано, что использование этих препаратов способствует ограничению развития мучнистой росы в среднем за годы исследований на 7,2–8,2 %, темно-бурой пятнистости листьев – на 4,0–5,0 %, септориоза листьев – на 4,2–5,4 % в сравнении с контролем и повышению урожайности пшеницы озимой на 0,17–0,35 т/га.

**Литература**

1. Скуфінський, О. Інтегровані підходи щодо захисту зернових колосових культур / О. Скуфінський, Б. Каменчук, К. Поліщук // Спецвипуск ж. Пропозиція. Біозахист та біопрепарати – актуальна перспектива. – 2017. – С. 8–10.
2. Болоховська, А. Біологічний метод як запорука отримання якісної продукції / А. Болоховська // Спецвипуск ж. Пропозиція. Біозахист та біопрепарати – актуальна перспектива. – 2017. – С. 6–7.

3. Васильева, В. Л. Світоглядні та методологічні засади мікробіологічного методу захисту рослин від шкідників і хвороб / В. Л. Васильева, В. Л. Кулініченко // Мікробіологічний журнал. – 1999. – № 6. – С. 75–85.
4. Елементи технології виробництва високоякісного насіння пшениці озимі в Західному Ліссестепу України: моногр. / І. С. Волощук [та ін.]. – Львів: Сполом, 2017. – С. 207–242.
5. Билувус, Г. Я. Влияние микробных препаратов и удобрений на развитие темно-бурой пятнистости листьев пшеницы озимой в условиях Западной Лесостепи Украины / Г. Я. Билувус, А. П. Волощук, И. С. Волощук // Защита растений. – 2015. – Вып. 39 – С. 42–46.
6. Bilovus, G. Ya. Influence of meteorological conditions and varietal peculiarities on development of fungal diseases winter wheat / G. Ya. Bilovus // Збалансоване природокористування. – 2016. – № 1. – С. 76–80.
7. Ковалишина, Г. М. Захист посівів озимі пшениці від хвороб: метод. рек. / Г. М. Ковалишина, М. М. Кирик. – К.: Аграр. Наука, 2001. – 29 с.
8. Методи селекції та оцінки стійкості пшениці та ячменю к болезням в странах – членах СЭВ / Л. Т. Бабаянц [и др.]. – Прага, 1988. – С. 321.
9. Методи експериментальної мікології. Справочник / И. А. Дудка [и др.]; под ред. В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.
10. Методи випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибеля [та ін.]; / за ред. проф. С. О. Трибеля. – К.: Світ. – 2001. – 448 с.
11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.



## Новые вредные организмы в посевах сахарной свеклы

Г. И. Гаджиева, кандидат биологических наук  
Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 28.05.2018 г.)

Значительное влияние на распространение и вредоносность агрофагов в посевах сахарной свеклы оказывают почвенно-климатические и погодные условия, системы земледелия, хозяйственная деятельность человека. Впервые в посевах культуры отмечены щавелевая (*Acronicta rumicis* L.) и лебедовая, или гречишная, совки (*Trachea atriplicis* L.), в условиях Брестской и Минской областей обнаружены полосатый (*Chromoderus fasciatus* Müll.) и беловатый (*Chromoderus declivis* Ol.) свекловичные долгоносики, не характерные ранее для данных зон свеклосеяния. На фоне основных болезней листового аппарата обращено внимание на бактериоз. Из сорных растений отмечено увеличение распространенности канатника Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.) и появление в южных районах республики мальвы лесной (*Malva sylvestris* L.).

### Введение

На рост и развитие растений, видовой состав, распространенность и вредоносность вредных организмов в посевах сельскохозяйственных культур, в т. ч. и сахарной свеклы, большое влияние оказывают различные экологические и антропогенные факторы.

Человек издавна оказывал влияние на природу, воздействуя как на отдельные виды растений и животных, так и на сообщества в целом. Но лишь в текущем столетии рост населения и главным образом качественный скачок в развитии науки и техники привели к тому, что антропогенные воздействия по своему значению для биосферы вышли на один уровень с естественными факторами планетарного масштаба [1].

Вырубка лесов, распашка целины, осушение болот, преобразование ландшафтов в крупные города, сельскохозяйственные угодья и промышленные комплексы, внесение органических и минеральных удобрений и многие другие проявления деятельности человека привели к серьезным изменениям в окружающей среде, в т. ч. в составе флоры и фауны. Вследствие глобального потепления создаются более благоприятные условия для перезимовки многих фитофагов, ранее не имевших хозяйственного значения; расширяются ареалы распространения теплолюбивых видов вредных организмов; появляются новые виды, не характерные для определенных мест обитания, и др.

### Место и методика проведения исследований

Исследования по изучению видового состава, численности фитофагов и поврежденности ими растений, распространенности болезней и сорных растений в посевах сахарной свеклы проводили на опытном поле института и в свеклосеющих хозяйствах республики по общепринятым методикам в различные фазы роста и развития культуры.

### Результаты исследований и их обсуждение

Наиболее распространенными и вредоносными фитофагами сахарной свеклы в Беларуси являются проволочники (сем. Elateridae), ожно – серый свекловичный долгоносик (*Tanymecus palliatus* Fab.), в отдельные годы – свекловичная минирующая муха (*Pegomya hyoscyami* Panz.), свекловичная тля (*Aphis fabae* Scop.), листогрызущие совки (сем. Noctuidae), слизни (класс Mollusca). В последние годы отмечены виды, ранее не встречавши-

*A significant influence on agrophages incidence and harmfulness in sugar beet crops render soil- climatic and weather conditions, systems of agriculture, economic activity of a man. For the first time in sugar beet crops Apatele noctuid moth (Agronicta rumicis L.) and orache moth or Fagopurum noctuid moth, noctuids (Trachea atriplicis L.) are marked, under Brest and Minsk region conditions Chromoderus fasciatus Müll. and Chromoderus declivis Ol. untypical for the given sugar beet planting zones. At the background of leaf apparatus main diseases the attention is paid to bacteriosis. Among weed plants the increase of Abutilon theophrasti Medik. and the appearance in the southern regions of the republic Malva sylvestris L.*

еся в посевах свеклы или не имевшие хозяйственного значения. Так, например, в 2016 г. в Брестском районе поврежденность свеклы майским хрущом (*Melolontha melolontha* L.) составила 43 %. В 2016 и 2017 г. в условиях Брестской и Минской областей обнаружены полосатый (*Chromoderus fasciatus* Müll.) и беловатый свекловичный долгоносик (*Chromoderus declivis* Ol.), не отмечаемые ранее в данных зонах свеклосеяния. В 2016 г. в Брестском районе поврежденность кормовой свеклы полосатым свекловичным долгоносиком составила 100 % со степенью повреждения 38 %. На отдельных полях отмечалось повреждение свекловичным долгоносиком-стеблеедом (*Lixus subtilis* Storm.) – до 20 % растений.

Для жуков **полосатого свекловичного долгоносика** характерно наличие на верхней стороне головотрубки разветвленного в виде вилки киля; переднеспинка черная, грубо морщинистая, почти без чешуек; надкрылья у молодых жуков белые, с черными пятнами, у основания надкрылий и середины – широкие черные перевязи. Старые жуки темнее молодых, поскольку белые чешуйки стираются. Яйцо молочно-белое, с желтоватым оттенком. Личинка светло-серая, безногая, 13–15 мм, голова светло-коричневая. Куколка белая, 8–11 мм [9, 10].

Зимуют неполовозрелые жуки в верхних слоях почвы, преимущественно на непахотных задерненных участках. Весной при температуре около +15..+17 °С жуки выходят на поверхность почвы и активно расселяются в поисках кормовых растений. Питаются на всходах свеклы и других Маревых. Особенно интенсивно питаются самки в период яйцекладки: за сутки один жук съедает 3–5 растений свеклы в фазе вилочки. Период спаривания и откладки яиц начинается в мае и продолжается около месяца. Жуки летают до июня. Одна самка откладывает 100–180 яиц, по 1, реже по 2–3 шт., в области корневой шейки. На свекле откладка яиц обычно совпадает с фазой появления первой–второй пары настоящих листьев, иногда – с фазой вилочки [10].

Личинки после выхода из яиц вгрызаются внутрь корешков, развиваются 40–50 дней и там же окукливаются. Жить и перемещаться в почве личинки не могут [9]. Поврежденные всходы погибают, более взрослые растения отстают в росте, поврежденные корнеплоды хуже хранятся, в них снижается содержание сахара [7, 9, 10]. Жуки нового поколения появляются во второй половине августа. Они способны выйти из корнеплодов, если их поперечник не превышает 5–6 см. Из более крупного корнеплода жуки не могут выйти и погибают. Молодые имаго расселяются,

продолжая питаться надземными частями Маревых, и постепенно уходят на зимовку в почву [9, 10]. Встречается на всей территории бывшего Союза, кроме крайнего Севера, в Средней и Южной Европе, Малой Азии [4, 11].

Жук **беловатого свекловичного долгоносика** в густых белых или слегка желтоватых чешуйках, переднеспинка в точках, с белым верхом и двумя блестяще-черными голыми продольными полосками. Надкрылья с двумя косыми узкими и тоже голыми полосками на плечах и у вершины, иногда сливающимися в одну. Длина – 9–11 мм. Яйцо молочно-белое, гладкое, около 1 мм. Личинка желтовато-белая, дугообразно изогнутая [4, 11].

Зимуют жуки. В зависимости от сроков наступления весны появляются в апреле–мае и могут встречаться до августа. Яйцекладка продолжается с мая до конца июля. Самки перед яйцекладкой подгрызают продольно корневую шейку свеклы, прикрепляют яйцо и заливают его быстрозатвердевающей слизью, к которой прилипают частички почвы в виде небольшой скорлупки, не отпадающей даже при выдергивании растений из земли. Развитие яиц продолжается около 7 дней. Отродившиеся личинки в течение декады остаются в камере, повреждая подсемядольное колено, а затем мигрируют в почву [9, 11].

Долгоносик широко распространен: от западных границ бывшего Союза до Приморского края; встречается в юго-восточной Европе, Монголии, Корее [11].

Жук **свекловичного долгоносика-стеблееда** длиной 8–11 мм, с удлинённым узким телом, переднеспинка в густых точках, промежутки между которыми значительно меньше самих точек, последние местами сливаются. Головотрубка в 2 с лишним раза длиннее ее ширины, но короче переднеспинки, с тонким, иногда сглаженным килем. Яйцо овальное, желтоватое, 0,7–0,9 мм. Личинка белая, дугообразно изогнутая, до 12,5 мм, голова рыжеватая. Куколка с удлинённым узким телом, двухлопастным придатком на конце брюшка и с шипиками на шестом и седьмом члениках сзади [4, 11].

Зимуют жуки в трещинах земли, под растительными остатками. Появляются в конце апреля – начале мая, питаются сорняками и всходами свеклы. В конце мая – июне начинается яйцекладка. Самка откладывает яйца (по одному или несколько) в ямки, выгрызенные ею в черешках листьев или стеблях. Место яйцекладки заделывается пробочкой. Вышедшие из яиц личинки проделывают ходы в стеблях посадок или черешках листьев свеклы. Окукливаются личинки в камерах, у основания стебля. Жуки второго поколения появляются в начале августа. Отрождение растянуто и продолжается до половины октября, затем жуки уходят на зимовку. Наибольший вред наносит в условиях засушливого лета, когда растения свеклы на-

ходятся в стрессовом состоянии и более чувствительны к повреждениям. При большом количестве осадков в летний период вредоносность фитофага значительно снижается вследствие избыточного содержания сока в черешках, вызывающего гибель личинок.

Свекловичный долгоносик-стеблеед встречается во всех районах свеклосеяния, но вредит больше в южных и степных. Развивается в Украине в одном поколении, в Средней Азии – в трех–четырех [4].

По мнению В. Т. Саблука и др. (2016), вследствие глобального потепления и общего ухудшения культуры земледелия в последние годы на юго-востоке Украины сложились условия, благоприятные для массового размножения долгоносика-стеблееда, который, занимая свободные экологические ниши, трансформируется в опасного вредителя фабричных и семенных посевов сахарной свеклы. Авторы также обращают внимание на повышенную численность и вредоносность стеблееда в отдельных областях России (в частности, в Белгородской области) и заселение фитофагом все новых стадий (Воронежская, Липецкая, Курская и др. области). Согласно приведенным ими данным, заселенность вредителем отдельных плантаций сахарной свеклы достигала 100 % с поврежденностью до 50–70 % черешков листьев с одной–двумя и даже пятью личинками практически в каждом из них. Значительная часть листового аппарата свеклы была просто уничтожена, а потери урожая культуры достигали 30–45 % [8].

Все это вызывает необходимость мониторинга данного фитофага на территории Республики Беларусь и разработки мероприятий по ограничению его вредоносности.

Нами впервые отмечены щавелевая (*Acronicta rumicis* L.) и лебедовая, или гречишная, совки (*Trachea atriplicis* L.) из сем. Noctuidae, капустная белянка (*Pieris brassicae* L.) из сем. Pieridae, а также гусеницы из сем. Nymphalidae\*. Несмотря на то что данные виды не являются основными, вред от них вместе с другими видами может быть весьма ощутимым, особенно в конце вегетации культуры, когда идет интенсивное накопление сахара в корнеплодах, а применение инсектицидов невозможно по санитарно-гигиеническим требованиям.

Передние крылья **щавелевой совки** серые с рисунком из двух поперечных линий и двух пятен, с белыми отметинами на наружной перевязи (почковидное и круглое пятна с черным ободком). Задние крылья бурые, несколько светлее к основанию. Брюшко у основания с небольшим хохолком, в размахе крылья до 45 мм.

\* Виды определены Е. А. Держинским, за что выражаем ему искреннюю благодарность)



Свекловичный долгоносик-стеблеед (*Lixus subtilis* Storm.)





Бабочка и гусеница щавелевой совки (*Acrionicta rumicis* L.)

Гусеница черно-бурая с пучками ржаво-желтых волосков и красными пятнами на белой боковой полосе. Голова черная с желтой чертой посередине, длина до 40 мм. Второстепенный вредитель свеклы. Развивается в двух поколениях; бабочки первого летаю в мае, второго – с июля. Яйца откладывают на листья небольшими кучками, в связи с чем гусеницы встречаются одиночно и обычно заметного вреда не приносят, грубо объедая лишь отдельные листья. Гусеницы крайне многоядны и питаются на самых разнообразных травянистых растениях, кустарниках, деревьях. Окукливаются на растениях в серовато-коричневых коконах. Зимуют куколки [11, 9].

Вид распространен почти по всей Европе, за исключением северо-западной и северной Скандинавии и севера России, встречается в Северо-Западной Африке, Малой Азии, на Ближнем Востоке, Кипре, Кавказе, на севере от Урала и Западной Сибири до Дальнего Востока. Бабочки обитают в различных биотопах и повсюду многочисленны [16].

Передние крылья *лебедовой, или гречишной, совки* зеленовато-бурые со светло-бурыми поперечными линиями, с зеленоватым почковидным пятном и косым желтоватым мазком над ним; волнистая линия у внешнего края зеленоватая. Задние крылья серо-бурые с более темной вершиной, в размахе – 32–52 мм [4].

Гусеница грязно-зеленая или бархатисто-коричневая в светлых крапинках, с темной продольной полосой на спине, двумя светлыми желтоватыми пятнами на 11 членике. Голова и ноги желтые, длиной – 30–40 мм. Боковая полоса широкая, желтая с розоватой каймой. Куколка темно-коричневая, длиной 16–18 мм [4, 12]. Гусеницы, обычно в небольшом количестве, встречаются во второй половине

лета на свекле, различных гречишных, маревых и других травянистых растениях. Два поколения. Лёт первого поколения в июне–начале июля; второго – в июле–сентябре; окукливаются без кокона. Зимуют куколки [4, 12, 13].

Ареал охватывает Западную и Восточную Европу, Прибалтику, Закавказье, Казахстан, Центральную и Малую Азию, Китай, Корейский полуостров, Японию. В России распространена в европейской части (средняя и южная полоса), Сибири, на Дальнем Востоке. Встречается на мезофитных лугах, болотах, пахотных землях, в степи, балках, парках, садах. На севере ареал этого вида имеет устойчивую тенденцию к сокращению. Возможно, это связано с изменением климата и негативным воздействием применяемых пестицидов. Занесена в Красную книгу Ленинградской области как вид, находящийся на грани исчезновения [13].

Помимо природных факторов – климата, почвенного покрова, географического места – на условия жизни растительного мира, в том числе и на сорняки, огромное влияние оказывает производственная деятельность человека. Особенности зональных систем земледелия часто определяют преобладание в посевах той или иной биологической группы сорняков. С другой стороны, по наличию их биологических групп можно судить о плодородии почвы, о характере применения удобрений, о типе и виде севооборота, специализации хозяйства [17].

Так, к числу почти повсеместно распространенных в посевах сахарной свеклы сорных растений относятся марь белая (*Chenopodium album* L.), просо куриное (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal.), виды осота, щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), горец шероховатый (*Polygonum lapathifolium* L.), ромашка непахучая



Бабочка и гусеница лебедовой совки (*Trachea atriplicis* L.)





**Канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.)**

(*Matricaria perforate* L.) и др.; на достаточно высоком уровне сохраняется численность падалицы рапса (*Brássica nápus* L.); периодически в посевах наблюдаются паслен черный (*Solánium nígrum* L.), овес пустой (*Avena fatua* L.), метлица обыкновенная (*Apera spica venti* (L.) Burv.); в 2017 г. отмечено увеличение распространенности относительно нового для Беларуси сорняка канатника Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.), видов щетинника (*Setária* sp.), горца шероховатого, герани рассеченной (*Geranium dissectum* L.), присутствие в посевах падалицы подсолнечника масличного (*Helianthus annuus* L.), а также появление в южных районах мальвы лесной, или просвирника лесного (*Malva sylvestris* L.).

Если основные виды сорных растений являются достаточно известными и распространенными в условиях Беларуси, то канатник Теофраста и мальва лесная как сорняки в посевах сахарной свеклы являются относительно новыми.

**Канатник Теофраста** – яровой однолетник. Семядоли длиной 10–15, шириной 8–15 мм, округлые или округло-яйцевидные, на мелко опушенных черешках. Эпикотиль бархатисто-опушенный, гипокотиль сверху бледно-зеленый, мелко-волосистый.

Корень стержневой. Стебель прямой, покрыт мягкими волосками, высотой 40–250 см. Листья очередные, широкояйцевидные, зубчатые, у основания сердцевидные, на длинных черешках, покрыты мягкими волосками. Цветки в пазухах листьев или собраны в кистевидно-метельчатое соцветие. Лепестки бледно-желтые. Плод – мягковолосистая сложная листовка. Семена почковидные или овально-сердцевидные, серовато-бурые или

черновато-коричневые, длиной и шириной 2,75–3,25, толщиной 1,5–1,75 мм. Масса 1000 семян – 8–12 г. Минимальная температура прорастания семян +2...+4 °С, оптимальная – +16...+20 °С. Всходы появляются в апреле – мае, цветет в июле – сентябре, плодоносит в конце июля – октябре. Максимальная плодовитость – 36 800 семян, которые прорастают в почве с глубины не более 10–13 см; свежесозревшие и недозрелые семена обладают всхожестью.

Растет на полях, в садах и огородах, у дорог. Распространение: средние и южные районы европейской части бывшего Союза, Кавказ, Средняя Азия [14]. Нами в 2016 г. сорняк был обнаружен только в Ивацевичском районе Брестской области и Гродненском районе Гродненской области (на 1,1 % обследованной площади), а в 2017 г. – только в Брестской области (на 2,1 % обследованной площади).

**Мальва лесная** – двулетнее травянистое растение высотой 30–120 см. Корень стержневой. Стебель прямой, в основном ветвистый, обычно покрыт рассеянными волосками. Листья на длинных черешках, по краям городчато-зубчатые, с округлыми пяти-семилопастными пластинками. Прилистники ланцетовидные, бледно-зеленые, по краям длинно-реснитчатые. Цветки (обычно несколько, иногда один) находятся в пазухах листьев. Подчашье состоит из продолговато-овальных листочков, по краям реснитчатых. Чашечка почти до середины разделена на треугольные доли, вблизи плодов несколько разрастается. Венчик розового цвета, в 3–4 раза больше чашечки, лепестки длиной до 2,5 см, обратнойцевидные, глубоко-выемчатые. Цветет в июле–сентябре, плодоносит в конце



**Просвирник лесной (*Malva sylvestris* L.).**



Бактериоз листьев свеклы

июля – октябре. Плод сухой, распадается на почковидные семанки.

Растение произрастает в лесах и светлых парках, иногда как сорняк. Ареал вида включает в себя южную половину европейской части России, Крым, Кавказ, Среднюю Азию, Западную Европу, Северную Африку, Малую Азию, Северо-Западную Индию [5]. В 2017 г. мальва лесная в посевах сахарной свеклы была обнаружена в Брестском и Пружанском районах Брестской области с численностью 1–2 шт. м<sup>2</sup>.

На фоне основных болезней листового аппарата свеклы (церкоспороз, фомоз, мучнистая роса) необходимо обратить внимание на **бактериоз**, который обычно развивается во влажных условиях. В 2017 г. распространенность болезни, в среднем по республике, составила 1,5 % при развитии 0,9 %, наиболее высокие показатели распространенности (2,6 %) и развития болезни (1,6 %) отмечены в Гродненской области. Эта болезнь вызывается бактериями *Bacillus mycoides* Flugge, *B. mesentericus vulgates* Flugge, *B. buthyricus betae* Kotshura [6; 9, 11] и *Pseudomonas syringae* van Hal. [2, 11].

Бактериальная пятнистость свеклы проявляется, преимущественно, на растениях свеклы, начиная с фазы 2–3 пар настоящих листьев, реже на молодых листьях высадки. Иногда бактериальная пятнистость развивается и на взрослых растениях, но в этих случаях она менее вредоносна. Наиболее характерным признаком этого заболевания является образование некротических неправильно-округлых пятен, окруженных маслянистой темно-бурой широкой каймой. При просмотре на свет пятна прозрачные, как бы маслянистые. В местах поражений ткань подсыхает и выпадает, вследствие чего эту болезнь иногда называют «дырчатой» пятнистостью [2, 6, 9, 11].

Бактерии рода *Bacillus* относятся к грамположительным спороносным, а рода *Pseudomonas* – к грамотрицательным бесспорным палочкам. Имеют широкий круг растений-хозяев [2, 11]. Инкубационный период бактериальной пятнистости свеклы при температуре +10...+14 °C длится около 10 дней. Патогены могут сохраняться на пораженных остатках растений, в почве и в семенах [2, 6, 9, 11].

### Заключение

Почвенно-климатические и погодные условия, системы земледелия, производственная деятельность человека в значительной степени определяют видовой состав, распространенность и вредоносность вредных организмов в посевах сахарной свеклы. Впервые в посевах культуры отмечены щавелевая (*Acrionicta rumicis* L.) и лебедовая, или гречишная, (*Trachea atriplicis* L.) совки, в услови-

ях Брестской и Минской областей обнаружены полосатый (*Chromoderus fasciatus* Müll.) и беловатый (*Chromoderus declivis* Ol.) свекловичные долгоносики, не характерные ранее для данных зон свеклосеяния. На фоне основных болезней листового аппарата обращено внимание на бактериоз. Из сорных растений отмечено увеличение распространенности канатника Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.) и появление в южных районах республики мальвы лесной (*Malva sylvestris* L.).

### Литература

1. Антропогенное влияние на флору и фауну [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://otherreferats.allbest.ru/ecology/00218795\\_0.html](https://otherreferats.allbest.ru/ecology/00218795_0.html). – Дата доступа: 16.01.2018.
2. Бактериальная пятнистость листьев свеклы [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://boleznisada.ru/bakterialnaya-pyatnistost-svekly>. – Дата доступа: 29.01.2018.
3. Габибуллаев, Э. Ш. Эффективность различных схем применения гербицидов в посевах сахарной свеклы на черноземах обыкновенных Западного Предкавказья: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 – Общее земледелие: Кубанский гос. аграр. ун-в. – Краснодар, 2004. – 18 с.
4. Зверозомб-Зубовский, Е. В. Вредители сахарной свеклы // Изд. АН СССР – Киев, 1956. – 276 с.
5. Мальва лесная [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Мальва\\_лесная](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мальва_лесная). – Дата доступа: 02.02.2018.
6. Паденов, К. П. Вредители и болезни сахарной свеклы и меры борьбы с ними // К. П. Паденов, Н. А. Турищева, А. С. Шуканов. – Минск: Ураджай, 1980. – 56 с.
7. Полосатый долгоносик (*Chromoderus fasciatus* Mull.) [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://www.betaren.ru/bolezni\\_vrediteli/svekla/dolgonosik/](http://www.betaren.ru/bolezni_vrediteli/svekla/dolgonosik/). – Дата доступа: 02.05.2017.
8. Саблук, В. Т. Поширення та шкідливість бурякового довгоносика-стеблоїда на території України / В. Т. Саблук, О. Ю. Половинчук, В. М. Смірних // ISSN 2410-1303 (online) Новітні агротехнології. – 2016. – № 1 // Режим доступа: <http://journals.urau.ua/index.php/2410-1303/article/view/118302/112339>. – Дата доступа: 30.01.2018.
9. Саблук, В. Т. Шкідники та хвороби цукрових буряків / В. Т. Саблук, Р. Я. Шендрик, Н. М. Запольская. – Київ: Колодіг, 2005. – 448 с.
10. Свекловичный полосатый долгоносик *Chromoderus fasciatus* [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://www.pesticidy.ru/pest/chromoderus\\_fasciatus](http://www.pesticidy.ru/pest/chromoderus_fasciatus). – Дата доступа: 02.05.2017.
11. Свекловодство. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Госсельхозиздат УССР. – 1959. – Т. 3, ч. 1-2. – 642 с.
12. Совка [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/sovka-0>. – Дата доступа: 23.01.2018.
13. Совка гречишная [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://wikirtshchevo.shoutwiki.com/wiki/Совка\\_гречишная](http://wikirtshchevo.shoutwiki.com/wiki/Совка_гречишная). – Дата доступа: 23.01.2018.
14. Фисюнов, А. В. Сорные растения / А. В. Фисюнов. – М.: «Колос», 1984. – 320 с.
15. Четин, А. Д. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от химических мер борьбы с канатником Теофраста и кохией веничной в условиях Краснодарского края: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 – Растениеводство: ВНИСС. – Рамонь, 2003. – 18 с.
16. Щавелевая совка [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Щавелевая\\_совка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Щавелевая_совка). – Дата доступа: 23.01.2018.
17. Экология сорных растений [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://mse-online.ru/zemledelie/ekologiya-sornyx-rastenij.html>. – Дата доступа: 16.01.2018.



## Влияние уровней кислотности почвы на поступление минеральных элементов в растения льна-долгунца

В. А. Прудников, доктор с.-х. наук,  
С. Р. Чуйко, С. В. Любимов, научные сотрудники  
Институт льна

(Дата поступления статьи в редакцию 13.02.2018 г.)

Представлены результаты исследований по влиянию уровней кислотности почвы на поступление в растения льна-долгунца макро- и микроэлементов. С увеличением в почве  $pH_{KCl}$  с 5,2 до 6,6 повышается поступление в растения льна кальция и магния и снижается поступление цинка, меди, марганца, азота, фосфора, калия. Нарушение питания растений вызывает снижение накопления в стеблях общего волокна с 34,6 до 22,2, длинного волокна – с 18,5 до 10,3 %.

### Введение

По многочисленным исследованиям лен-долгунец отнесен в группу культур кальциефобов, отрицательно реагирующих на высокое насыщение почвенного поглощающего комплекса карбонатами. Это биологическое свойство льна-долгунца особенно сильно проявляется при известковании почв. В работе О. Ю. Сорокиной [1] установлено, что при повышении  $pH_{KCl}$  с 4,4 до 7,3 поступление микроэлементов в растения снижается в 2 раза, несмотря на их одинаковое содержание в почве. Из микроэлементов в наибольшем дефиците оказывается цинк [2]. Углекислый кальций переводит цинк, бор и другие микроэлементы в труднорастворимые соединения, что вызывает несбалансированное питание и глубокие изменения обмена веществ у льна, ведущие к почти полной задержке роста [3]. Высокое насыщение поглощающего комплекса почвы карбонатами вызывает физиологическое заболевание, получившее название кальциевый или карбонатный хлороз [1–4].

Целью наших исследований было изучение влияния разных уровней кислотности почвы на поступление в растения льна микро- и макроэлементов.

### Методика исследований

Полевой опыт проводили в 2016 г. на опытном поле РУП «Институт льна» (Оршанский район Витебской области). Почва опытного участка дерново-подзолистая, развивающаяся на среднем лёссовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. В пахотном слое почвы содержание гумуса – 1,80–1,87 %, подвижных фосфатов – 155–160 и калия – 130–140 мг/кг почвы. Исследования проводили на участках с уровнем кислотности почвы  $pH_{KCl}$  от 5,2 до 6,6. Полевой опыт проводили согласно общепринятой методике проведения полевых опытов [5]. Повторность опыта 4-кратная. Площадь общей делянки – 28, учетной – 15 м<sup>2</sup>. Использовали семена сорта льна-долгунца Грант, норма высева семян – 22,0 млн шт. на гектар. Семена льна-долгунца инкрустировали составом, включающим протравитель Ви-

*The results of studies on the effect of soil acidity levels for admission to plant flax macro and micronutrients. With an increase in the soil  $pH_{KCl}$  from 5,2 to 6,6 increased intake of flax plants calcium and magnesium and zinc intake is reduced, copper, manganese, nitrogen, phosphorus and potassium. Violation of plant nutrition causes a decrease in the accumulation of the total fiber stems from 34,6 to 22,2, long fiber from 18,5 to 10,3 %.*

тавакс 200 ФФ, 34% в.с.к. (2,0 л/т), инсектицид Табу, ВСК (1,0 л/т), микроэлементы цинк (120 г/т), бор (100 г/т д. в.), регулятор роста Экосил (0,1 л/т). Минеральные удобрения внесены в дозе  $N_{20}P_{60}K_{90}$ .

Защиту от сорной растительности проводили баковой смесью гербицидов Агритокс, 0,7 + Секатор турбо, 0,05 + через 7 дней Миура, 1,0 л/га, против болезней льна применяли фунгицид Феразим, 1,0 л/га в фазах «ёлочка» и бутонизация. Теревление посева проводили льнотеребилкой с последующей вязкой стеблей в снопы и ручным обмоломом.

Анализ растений проведен по ГОСТам: определение азота, фосфора, калия, цинка, меди и марганца – после сжигания в серной кислоте, определение кальция, магния – после сухого озоления в муфельной печи. Содержание в почве и растениях кальция, магния, марганца, цинка и меди определяли на атомно-абсорбционном пламенном фотометре NOVA-300.

Вегетационный период 2016 г. был слабо засушливым. Во второй и третьей декадах мая выпало 179–233 % осадков от многолетней нормы, в июне – около 28 %. Формирование урожая льна проходило при достаточном увлажнении почвы, температура воздуха превышала среднюю многолетнюю на 1–3 °С. Вылежка тресты проходила при недостатке осадков (41–56 % от нормы) и при повышенной температуре воздуха на 0,5–3,7 °С от многолетних значений.

### Результаты исследований и их обсуждение

Анализ почвенных образцов показал, что содержание фосфора, калия, бора, цинка было примерно одинаковое в интервале уровней  $pH_{KCl}$  с 5,2 до 6,6. С увеличением  $pH$  с 5,2 до 6,6 содержание обменного кальция повышалось с 622 до 780 и обменного магния – с 142 до 188 мг/кг почвы (таблица 1). Содержание подвижного марганца снижалось с 9,9 при  $pH$  5,2 до 2,0 мг/кг почвы при  $pH$  6,6.

Анализ растений льна-долгунца свидетельствует, что насыщение почвы кальцием и магнием способствует по-

Таблица 1 – Содержание элементов питания в почве в зависимости от уровня кислотности почвенного раствора

Уровень кислотности почвы, $pH_{KCl}$	Содержание элементов в почве, мг/кг почвы							
	$P_2O_5$	$K_2O$	Zn	B	Cu	Ca	Mg	Mn
5,2	160	140	3,5	0,70	1,75	622	142	9,9
5,9	155	135	3,5	0,70	1,75	633	167	8,5
6,2	160	135	4,5	0,82	1,90	744	169	4,3
6,6	160	130	4,3	0,80	1,75	780	188	2,0

ступлению в растения этих элементов и оказывает отрицательное влияние на усвоение растениями цинка, меди и марганца. Так, в фазе «ёлочка» с увеличением уровня рН с 5,2 до 6,6 в растениях содержание кальция увеличилось с 4,76 до 5,20 и магния – с 2,27 до 2,80 г/кг сухого вещества (таблица 2). При этом содержание цинка снижалось с 65,9 до 52,0 мг, меди – с 7,95 до 7,60 мг и марганца – с 75,4 до 55,8 мг/кг сухого вещества.

В фазе бутонизации с увеличением рН с 5,2 до 6,6 наблюдалось увеличение содержания кальция с 5,47 до 6,67, магния – с 2,68 до 3,01 г/кг и снижение содержания цинка с 68,60 до 56,15, меди – с 11,58 до 7,84, марганца – с 73,5 до 47,2 мг/кг сухого вещества. В фазе цветения наблюдалась аналогичная закономерность. Различия в содержании элементов по фазам развития растений связано с ростовыми процессами.

Увеличение насыщенности почвы кальцием свыше 620 мг/кг и магнием свыше 140 мг/кг почвы оказывало отрицательное влияние на содержание в растениях азота, фосфора и калия, и как следствие этого – на рост и развитие льна. В фазе «ёлочка» в варианте с рН 5,2 содержание в растениях азота составляло 2,15 % в сухом веществе, в варианте с рН 5,9 содержание снижалось до 1,85 % и в варианте с рН 6,6 (кальций – 780 и магний – 188 мг/кг почвы) снижалось до 1,40 % (таблица 3). С увеличением насыщенности почвы кальцием с 622 до 780 и магнием – с 142 до 188 мг/кг почвы в сухом веществе растений в фазе «ёлочка» содержание  $P_2O_5$  снижалось с 1,16 до 0,92 и  $K_2O$  – с 1,81 до 1,44 %. В фазах бутонизации и цветения наблюдалось снижение содержания в растениях азота с 1,03–0,91 до 0,71–0,52 %, фосфора – с 1,06–0,82 до 0,88–0,66 % и калия – с 1,22–1,08 до 1,08–0,85 %.

Высокая насыщенность почвы кальцием и магнием препятствовала поступлению в растения цинка, меди и других микроэлементов, в результате чего замедлялась работа ферментов в клетках растений, и как следствие – накопление в растениях основных элементов питания – азота, фосфора и калия.

В итоге замедлялся рост растений (рисунок). По состоянию на 27 июня в варианте с рН 5,2 растения льна имели длину стебля 83–85 см и находились в фазе бутонизации. В варианте с рН 5,9, где насыщение почвы

кальцием повышалось с 622 до 633 мг/кг и магнием с 142 до 167 мг/кг, длина растений льна была меньше на 20–23 см. В варианте с рН 6,2 (содержание кальция – 744 и магния – 169 мг/кг) длина растений льна была меньше на 37–42 см.

На почве с рН 6,6 (содержание кальция – 780 и магния – 188 мг/кг) растения льна-долгунца были сильно подавлены кальциевым хлорозом, длина растений не превышала 25 см против 83–85 см в варианте с рН 5,2.



Развитие льна-долгунца на почвах с различным уровнем кислотности (дата учета – 27.06.2016 г.)

Примечание – рН<sub>КСІ</sub>: 1 – 5,2; 2 – 5,9; 3 – 6,2; 4 – 6,6.

Таблица 2 – Влияние кислотности почвы на содержание элементов в растениях льна-долгунца

Содержание элементов в сухом веществе	Кислотность почвы, рН <sub>КСІ</sub>			
	5,2	5,9	6,2	6,6
<b>Фаза «ёлочка»</b>				
Кальций, г/кг	4,76	4,84	4,93	5,20
Магний, г/кг	2,27	2,70	2,71	2,80
Цинк, мг/кг	65,90	59,70	52,11	52,00
Медь, мг/кг	7,95	6,91	7,60	7,60
Марганец, мг/кг	75,4	62,6	57,3	55,8
<b>Фаза бутонизации</b>				
Кальций, г/кг	5,47	6,37	6,55	6,67
Магний, г/кг	2,68	2,76	2,91	3,01
Цинк, мг/кг	68,60	67,15	61,90	56,15
Медь, мг/кг	11,58	11,10	9,68	7,84
Марганец, мг/кг	73,5	60,6	51,3	47,2
<b>Фаза цветения</b>				
Кальций, г/кг	2,47	2,88	3,13	3,16
Магний, г/кг	1,78	1,88	2,04	2,21
Цинк, мг/кг	58,55	49,40	46,00	44,00
Медь, мг/кг	7,76	7,66	7,07	6,59
Марганец, мг/кг	47,4	39,7	38,2	37,3



Таблица 3 – Влияние кислотности почвы на химический состав растений льна-долгунца

Уровень кислотности почвы, pH <sub>KCl</sub>	Содержание в сухом веществе, %								
	«ёлочка»			бутонизация			цветение		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
5,2	2,15	1,16	1,81	1,03	1,06	1,22	0,91	0,82	1,08
5,9	1,85	1,13	1,71	0,90	0,97	1,17	0,68	0,77	0,98
6,2	1,44	1,08	1,63	0,77	0,90	1,17	0,60	0,76	0,85
6,6	1,40	0,92	1,44	0,71	0,88	1,08	0,52	0,66	0,85

Таблица 4 – Влияние кислотности почвы на содержание волокна в тресте и урожай волокна льна-долгунца

Уровень кислотности почвы, pH <sub>KCl</sub>	Содержание волокна в тресте, %		Урожайность, ц/га		
			волокна		семян
	общее	длинное	общее	длинное	
5,2	34,6	27,5	23,3	18,5	8,2
5,9	30,7	22,4	19,3	14,1	7,1
6,2	26,9	15,8	13,3	7,8	5,6
6,6	22,2	10,3	7,9	3,6	3,6
HCP <sub>05</sub>			1,6	0,9	0,4

Высокое насыщение почвы кальцием и магнием препятствовало поступлению в растения микро- и макроэлементов на протяжении всего периода вегетации льна. Это отрицательно отразилось на формировании в стеблях волокна. В варианте с pH 5,2 содержание в тресте общего волокна достигало 34,6 %, в том числе длинного – 27,5 % (таблица 4).

В этом варианте урожай общего волокна достигал 23,3, в том числе длинного – 18,5 ц/га, урожай семян – 8,2 ц/га. Относительно небольшого увеличении pH до 5,9 снижало содержание общего волокна в тресте на 3,9 % и длинного волокна – на 5,1 %. В результате урожайность снижалась на 4,0 ц/га общего волокна и на 4,4 ц/га – длинного волокна. На почве с pH 6,2–6,6 по сравнению с pH 5,2 содержание в тресте общего волокна снижалось на 7,7–12,4 % и длинного волокна – на 11,7–17,2 % абсолютных. Соответственно снижалась урожайность общего волокна на 10,0–15,4 ц/га, длинного волокна – на 10,7–14,9 и семян – на 2,6–4,6 ц/га.

**Заключение**

С увеличением в почве уровня pH<sub>KCl</sub> с 5,2 до 6,6 повышается содержание обменного кальция с 622 до 780, магния – с 142 до 188 и снижается содержание обменного марганца с 9,9 до 2,0 мг/кг почвы. Высокое насыщение почвы кальцием и магнием вызывает высокое поглоще-

ние растениями льна-долгунца этих элементов, что препятствует поступлению в растения микроэлементов цинка, меди, марганца и накоплению макроэлементов азота, фосфора и калия. Высокое насыщение почвы карбонатами замедляет рост и развитие растений льна-долгунца. С увеличением уровня pH<sub>KCl</sub> с 5,2 до 5,9–6,6 снижается накопление в тресте общего волокна с 34,6 до 30,7–22,2 % и длинного волокна – с 27,5 до 22,4–10,3 %. Это вызывает снижение урожая общего волокна с 23,3 до 19,3–7,9 ц/га и в том числе длинного волокна – с 18,5 до 14,1–3,6 ц/га.

**Литература**

1. Сорокина, О. Ю. Поступление бора и марганца в растения льна-долгунца / О. Ю. Сорокина // Совершенствование системы диагностики питания с.-х. растений: тез. докл. Всесоюз. координац. метод. семинара. – М., 1983. – С. 93.
2. Тихомирова, В. Я. Агробиохимические и микробиологические свойства почвы в очагах физиологического угнетения льна-долгунца / В. Я. Тихомирова, В. М. Белова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1994. – № 6. – С. 30–32.
3. Backe, B. The effects of pH on absorption and desorption of potassium in a granitic soil / B. Backe, Z. Varbanova // J. Sc. Food Agr. – 1995. – V. 26. – № 6. – P. 855–860.
4. Прудников, В. А. Влияние кислотности почвы на урожайность льна-долгунца / В. А. Прудников // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 4. – С. 17–19.
5. 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.

УДК 635.342: 631.53.02: 631.527.52

**Влияние сроков сева на урожайность и качество семян при гибридном семеноводстве капусты белокочанной**

Ю. М. Забара, доктор с.-х. наук, А. В. Якимович, зав. сектором капустных культур  
Институт овощеводства

(Дата поступления статьи в редакцию 31.01.2018 г.)

*В статье изложены результаты исследований по изучению влияния агротехнических приемов на урожайность и посевные качества семян позднеспелого гибрида капусты белокочанной.*

*The article describes the results of researches on studying of influence of agrotechnical methods on productivity and sowing quality of cabbage hybrid seeds.*

**Введение**

В комплексе мероприятий, направленных на повышение урожайности овощных культур, особое место принадлежит семеноводству, от уровня развития которого зависит валовое производство овощей и их качество. По оценке специалистов, хорошо налаженное семеноводство обеспечивает повышение урожайности овощных культур на 19–27 % [1, 3].

Известно, что дефицит собственного семенного материала, низкое его качество и узкий ассортимент в значительной степени ограничивают перспективы развития овощеводства [8]. Поставка семян из-за пределов Беларуси в условиях ослабления или полного разрыва производственно-экономических связей становится все более экономически невыгодной. К тому же завозимые семена не всегда имеют необходимые сортовые и посевные характеристики, что приводит к снижению урожайности овощей при ухудшении качества продукции. Приобретение семян в других странах ограничивается также валютными ресурсами. Ориентирование только на импортные семена ставит общество в зависимость от различных политических и экономических ситуаций в международных отношениях, что в результате может не обеспечить гарантированного ежегодного снабжения населения республики овощной продукцией. В целом устойчивое наличие семян в стране и их страховых фондов является вопросом национальной безопасности любого государства, в том числе и Беларуси.

Государственным реестром сортов Республики Беларусь в 2017 г. было предложено 147 сортов и гибридов капусты белокачанной, причем доля гибридов составила 89,1 %. В Институте овощеводства создано и введено в «Госреестр...» 9 сортов и 7 гибридов капусты по всем группам спелости. Отечественные гибриды созданы совместно с Селекционной станцией им. Н. Н. Тимофеева (г. Москва) и ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» на основе оригинальных линий по генетической схеме, предложенной профессором А. В. Крючковым, и использованием ДНК-технологий. Результаты испытаний отечественных гибридов капусты белокачанной в странах ЕС (Германия, Польша) в 2010–2013 гг. показали, что по основным хозяйственно ценным характеристикам они не уступают иностранным гибридам, а по отдельным показателям превосходят их, полностью отвечают требованиям потребительского рынка и являются вполне конкурентоспособными.

Одним из главных сдерживающих факторов по внедрению новых перспективных сортов и гибридов овощных культур отечественной селекции является отсутствие в республике семеноводческих хозяйств. Также требуется совершенствование технологий гибридного семеноводства, позволяющих устойчиво производить семена в широком ассортименте [7]. Выращивание гибридных семян капусты белокачанной по новой технологии с использованием розеточных растений – один из возможных путей в обеспечении республики качественными семенами [5, 9].

**Таблица 1 – Влияние сроков сева на качественные показатели рассады родительских линий позднеспелой капусты белокачанной (гибрид F<sub>1</sub> Белизар, 2016 г.)**

Линия	Срок сева*	Сырая масса, г		Высота растения, см	Диаметр стебля, мм	Листья			Приживаемость, %
		надземной части	корней			количество, шт.	масса, г	площадь, см <sup>2</sup>	
Upt	I	4,8	1,3	16,8	4,5	5,0	4,6	293	97,5
	II	4,0	1,2	15,0	4,0	4,5	3,8	204	98,1
	III	2,7	1,0	13,5	2,5	4,0	2,5	127	91,4
Tr	I	4,7	1,3	16,7	4,2	4,8	4,4	269	95,7
	II	4,0	1,3	15,8	3,3	5,0	2,9	161	98,0
	III	3,0	1,1	13,8	2,0	4,0	2,2	126	92,6

Примечание – \*Сроки высадки рассады в поле: 1-ый – 09.08, 2-ой – 17.08, 3-ий – 29.08.

**Методика и условия проведения исследований**

Исследования проводили в 2016–2017 гг. на опытном поле и в зимней остекленной теплице РУП «Институт овощеводства» в Минском районе. Посев семян родительских линий позднеспелого гибрида капусты белокачанной F<sub>1</sub> Белизар проводили в кассеты с объемом ячейки 65 см<sup>3</sup> в три срока (первый – третья декада июня, второй и третий сроки – первая и вторая декада июля). Выращенную рассаду в возрасте 30–35 дней высаживали в поле для получения розеточных растений. Выкопку и закладку их на хранение проводили во второй–третьей декадах октября. После прохождения яровизации и предпосадочной подготовки маточники высаживали в зимнюю остекленную теплицу в сентябре 2016 г., в открытый грунт – в третьей декаде апреля 2017 г.

При выращивании в открытом грунте из минеральных удобрений применяли карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (8 % N, 33 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O) в дозах: под маточники-штеклинги – N<sub>120</sub>P<sub>70</sub>K<sub>110</sub> кг/га д. в. и семенники – N<sub>170</sub>P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> кг/га д. в. Для приготовления питательных растворов при выращивании семенников в теплице использовали специальные водорастворимые удобрения для гидропонии. Сразу после высадки рассады и маточников-штеклингов устанавливали систему капельного полива.

Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2016 и 2017 г. были в основном благоприятными для роста и развития розеточных растений и семенников капусты.

**Результаты исследований и их обсуждение**

В вопросе повышения урожая семян и их качества существенную роль играют те агротехнические приемы, которыми располагает практика семеноводства овощных культур. Одним из важнейших условий получения семян из розеточных растений являются сроки сева семян. Нашими исследованиями установлено, что они оказывают значительное влияние на рост и развитие рассады родительских линий капусты (таблица 1).

Так, при первом сроке выращивания рассады биометрические показатели ее были более высокими и составили: сырая масса растения – 4,7–4,8 г, высота – 16,7–16,8 см, диаметр стебля – 4,2–4,5 мм и площадь листовой поверхности – 269–293 см<sup>2</sup>. При более поздних сроках сева морфометрические показатели рассады и приживаемость ее после высадки в поле снижались.

Изучение соотношения сырой массы надземной части растений и корней показало, что при более ранних сроках сева оно составило 3,7–3,6 : 1 и при позднем сроке снижалось до 3,3–2,7 : 1. Это свидетельствует о том, что для нарастания надземной части растений и корней рассады более благоприятные условия складывались при первом и втором сроках выращивания.

По мнению ряда исследователей, формообразовательный процесс растений, его темп и направление зависят не только от внутренних факторов, но и от внешних. Рост и

развитие растений непрерывно связан с факторами внешней среды [6, 10]. При этом важнейшими метеорологическими показателями являются увлажненность территории и сумма активных (> 10 °С) температур воздуха, которые во многом определяют условия жизни растений.

В результате анализа агрометеорологических условий сезона 2016 г. установлено, что за период высадка рассады – уборка маточников наибольшее количество выпавших осадков и сумм активных температур воздуха > 10 °С (121 мм и 804 °С) были при первом сроке выращивания, снижаясь соответственно до 105 мм и 666 °С во второй и до 87 мм и 442 °С – в третий срок. Такое воздействие агрометеорологических факторов оказало определенное влияние на рост и развитие розеточных растений (таблица 2).

По мнению Д. В. Пацурия [4], особенности формирования семенного куста, количество и качество семян у капусты белокочанной наряду с другими факторами в значительной степени зависят от возраста маточного растения в период перехода к генеративной фазе развития при пониженных температурах. Для перехода от вегетативного состояния в репродуктивное капустному растению необходимо воздействие пониженных положительных температур в течение определенного периода, продолжительность которого определяется не только биологическими особенностями линий и условиями среды, но и возрастом растения. Кроме того, растения различного возраста, проходя одинаковый период воздействия пониженных температур, различаются по степени яровизации, что позволяет им лучше расти, стеблевать, интенсивнее цвести и повысить семенную продуктивность [2].

Стеблевание и бутонизация семенников родительских линий гибрида F<sub>1</sub> Белизар проходили более быстрыми темпами в культивационных сооружениях. Так, растения отцовской линии в остекленной теплице зацветали на 2–3 дня позже растений женской линии. В то же время в открытом грунте зацветание растений родительских линий происходило синхронно.

Таблица 2 – Морфометрические показатели и накопление сырой массы маточников-штеклингов капусты белокочанной перед уборкой, 24.10.2016 г.

Срок сева	Высота растения, см	Диаметр стебля, мм	Диаметр розетки листьев, см	Кол-во листьев, шт.	Площадь листьев, см <sup>2</sup>	Воздушно-сырая масса растения, г			
						общая	в том числе		
							листьев	стеблей	корней
<i>Линия Upt</i>									
I	49	20	59	13	9165	808	683	86	39
II	39	18	48	10	6180	313	256	38	19
III	24	13	40	9	1566	104	83	10	11
<i>Линия Tr</i>									
I	46	25	59	16	9872	1018	814	144	60
II	40	23	57	14	7070	671	544	74	53
III	28	15	34	11	2354	137	106	15	16

Таблица 3 – Влияние сроков сева на количество побегов и цветков семенных растений позднеспелых родительских линий гибрида F<sub>1</sub> Белизар (2017 г.)

Линия	Сроки сева								
	29.06.2016 г.			08.07.2016 г.			19.07.2016 г.		
	число побегов, шт.		кол-во цветков, шт.	число побегов, шт.		кол-во цветков, шт.	число побегов, шт.		кол-во цветков, шт.
	1-го порядка	2-го порядка		1-го порядка	2-го порядка		1-го порядка	2-го порядка	
<i>Защищенный грунт (контейнерная культура)</i>									
Upt	14,5	2,4	1317	19,8	3,4	2114	7,9	1,6	1810
Tr	15,6	3,3	1910	21,5	3,5	2313	16,0	3,2	1326
<i>Открытый грунт</i>									
Upt x Tr	18,5	1,6	2765	21,3	3,0	3127	18,7	1,5	2120
Tr x Upt	21,0	3,4	3629	23,2	4,1	3811	22,4	2,0	2261

Таблица 4 – Влияние способов выращивания на структуру урожая родительских линий капусты белокочанной (гибрид F<sub>1</sub> Белизар)

Линия	Сырая масса растения, г					Кол-во стручков, шт.	Размеры стручка, см		Семян в стручке, шт.	Урожайность, ц/га
	стебель	листья	корни	семена	всего		длина	ширина		
<i>Открытый грунт (учет 18.08.2017 г.)</i>										
Upt xTr	172	361	126	58	717	875	8,2	4,8	23,1	5,04
Tr x pt	148	434	166	36	784	637	7,5	5,3	15,7	5,81
<i>Защищенный грунт (контейнерная культура, учет 08.08.2017 г.)</i>										
Upt	118	350	60	12	540	603	8,1	5,2	18,2	2,48
Tr	176	413	80	23	692	859	7,3	5,3	18,3	4,56

Таблица 5 – Урожайность, фракционный состав и посевные качества гибридных семян капусты белокочанной (2017 г.)

Сроки высадки рассады	Урожайность		Фракционный состав семян, %			Посевные качества семян		
	г/растение	ц/га	1,2–1,5 мм	1,5–2 мм	> 2 мм	масса 1000 шт., г	энергия прорастания, %	всхожесть, %
<i>Открытый грунт</i>								
09.08.16	34,20	6,84	5,5	69,8	24,7	5,51	95	99
17.08.16	30,32	6,06	3,9	72,4	23,7	5,74	98	100
29.08.16	22,64	4,52	13,1	56,3	30,6	5,32	94	98
<i>Защищенный грунт (контейнерная культура)</i>								
Upt	12,40	2,48	3,6	85	11,4	4,33	96	97
Tr	22,82	4,56	1,6	85,2	13,2	4,72	98	99
Среднее	17,61	3,52	2,6	85,1	12,3	4,53	97	98
<i>Защищенный грунт (гидропонная культура)</i>								
Tr	10,94	1,69	4,2	82	13,8	5,63	98	99
Upt	19,02	3,80	3,4	86,4	10,2	5,10	99	100
Среднее	14,98	2,75	3,8	84,3	12,0	5,37	99	100

гии на лотках с минеральной ватой получена урожайность отцовской линии – 19,02 г/растение, материнской линии – 10,94 г/растение при массе 1000 семян соответственно 5,10 и 5,63 г.

Наибольшая урожайность семян (6,06–6,84 ц/га) при выращивании в открытом грунте в 2017 г. получена при первом и втором сроках сева. Высадка рассады в третий срок 29.08.1916 г. для получения впоследствии маточников-штеклингов снижала урожайность семян на 2,32–1,54 ц/га (51,3–34,1 %).

Выращивание семян в открытом грунте из розеточных растений 3-го срока сева по сравнению с другими сроками приводило к увеличению в урожае доли семян мелкой фракции размером 1,2–1,5 мм до 13,1 % и снижению массы 1000 семян до 5,32 г (4–8 %). Энергия прорастания (94–99 %) и всхожесть семян (98–100 %), независимо от сроков и способов возделывания, были высокими.

### Заключение

При летних посевах (III декада июня – I–II декады июля) позднеспелых гибридов капусты к концу вегетационного периода формируются различные морфологические типы растений со стеблями диаметром 13–15 мм и развитой розеткой (9–16 листьев). Они способны воспринимать яровизирующее воздействие пониженных положительных температур и переходить от вегетативного к репродуктивному развитию, минуя фазу кочана, то есть по однолетнему циклу.

Наиболее благоприятные условия прохождения стадии яровизации розеточных растений родительских линий капусты белокочанной (91,1–97,1 %) складывались при первом (возраст 115 дней) и втором (возраст 105 дней) сроках сева. Урожайность семян по сравнению с третьим сроком сева (урожайность – 4,52 ц/га и возраст 95 дней) повышалась на 1,54–2,32 ц/га (34,0–51,3 %).

Выращивание репродукционных семян в зимней остекленной теплице в контейнерной культуре на торфогрунте позволило, в среднем, получить урожайность 3,52 ц/га, на гидропонике – 2,75 ц/га.

Энергия прорастания и всхожесть семян, полученных из розеточных растений, независимо от сроков сева и способов возделывания, были высокими и колебались в пределах 94–99,5 и 98–100 % соответственно.

### Литература

- Бунин, М. С. Производство гибридных семян овощных культур / М. С. Бунин, Г. Ф. Монахос, В. И. Терехова. – М., 2011. – 182 с.
- Королева, С. В. Сроки цветения инбредных линий белокочанной капусты как результат взаимодействия генотипа и факторов внешней среды / С. В. Королева, С. В. Ситников // Сб. науч. тр. В честь 75-летия со дня образования Краснодарского науч.-исслед. ин-та овощ. и картоф. хоз-ва / Рос. акад. с.-х. наук. – Краснодар, 2006. – С. 71–75.
- Лудилов, В. А. Семеноводство овощных и бахчевых культур / В. А. Лудилов. – М.: Глобус, 2000. – 256 с.
- Пацурия, Д. В. Биологическое и технологическое обоснование семеноводства F<sub>1</sub> гибридов капусты белокочанной: автореф. дис. д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Д. В. Пацурия. – М.: Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2008. – 44 с.
- Чулкова, Е. И. Продуктивность семенного потомства от маточников-штеклингов белокочанной капусты / Е. И. Чулкова, Н. А. Городилов // Овощеводство: межвед. темат. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства. – Минск, 1975. – Вып. 3. – С. 17–18.
- Соболев, А. Ю. Приемы выращивания семян родительских линий гибридов F<sub>1</sub> капусты белокочанной / А. Ю. Соболев, Ю. М. Забара, А. В. Якимович // Монография. – Гродно, 2014. – 202 с.
- Vauch, W. Hybridzuchtung bei Kopfkohl (Brassica oleracea var capitata L.) / W. Vauch // Fortsrittsberichte fur die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft. – 1980. – Bd. 18, №13. – S. 40.
- Данилевич, Ю. В. Семеноводство капусты белокочанной в Беларуси / Ю. В. Данилевич, А. А. Аутко, Ю. М. Забара. – Минск, 2008. – 203 с.
- Звезденок, А. П. Способы семеноводства белокочанной капусты в Приднестровье / А. П. Звезденок, В. И. Казаку // Картофель и овощи. – 2003. – № 8. – С. 25–27.
- Пронькин, В. В. Использование маточников с закрытой корневой системой для повышения эффективности первичного семеноводства капусты белокочанной / В. В. Пронькин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук: 06.01.06 // ВНИИО. – М. – 2012. – 22 с.