

Полученные данные согласуются с результатами многочисленных исследований, в которых было установлено, что применение полимеров-структурообразователей увеличивает урожай сельскохозяйственных растений на 10–40 % [3, 6, 7].

В задачи исследований также входило определение влияния полимера на параметры перехода цезия-137 из почвы в растения. Приведенные в таблице 3 значения коэффициентов перехода (Кп) показали, что в первый год минимальное значение Кп было в варианте с дозой полимера 10 мг/кг, которое составляло 0,35. Снижение этого показателя относительно контроля составляло 12,5 %. В варианте с дозой полимера 50 мг/кг значение Кп было ниже, чем в контроле, но выше, чем в предыдущем варианте. На второй год в этих же вариантах значения Кп были ниже, чем в контрольном варианте, где полимер не использовался, на 16,7 и 11,1 % соответственно. Как в первый, так и второй год исследований наблюдалась следующая тенденция: с повышением урожайности сельскохозяйственных культур происходило снижение накопления радионуклида.

Ранее нами проводились исследования с этим же полимером на низкоплодородной дерново-подзолистой песчаной почве, где прибавка урожая при внесении полимера в дозе 10 мг/кг в первый год составила 59,7 %, второй – 18,4 %. При этом значения коэффициентов перехода цезия-137 из почвы в растения снизились на 36,8 и 42,7 % относительно контроля [1]. На дерново-подзолистой суглинистой почве прибавка урожая составляла соответственно 13,5 и 12,6 %, а значения Кп снизились на 12,5 и 16,7 %. Из этого следует, что эффективность применения полимера, как и удобрений, выше на низкоплодородных почвах.

#### Заключение

Обработка дерново-подзолистой суглинистой почвы многофункциональным водорастворимым полимером –

поли-N, N-диметил-3,4-диметилен-пирролидиний хлоридом в дозах 10–1000 мг/кг (0,001–0,1 %) не оказала влияния на ее агрохимические свойства. Применение полимера в дозе 10 мг/кг повысило урожайность сельскохозяйственных культур на 13,5 и 12,9 % и снизило переход цезия-137 из почвы в растения на 12,5 и 16,7 %.

Обработка почвы полимером в дозах 250 и 1000 мг/кг привела к полному подавлению ростовых процессов в семенах как исследуемых культур, так и сорняков.

#### Литература

1. Цыганов, А. Р. Продолжительность влияния обработки дерново-подзолистой песчаной почвы водорастворимым полимером на урожайность сельскохозяйственных культур и накопление радионуклидов / А. Р. Цыганов, Г. А. Чернуха // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 5. – С. 12–16.
2. Кулаковская, Т. Н. Агрохимические основы получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в западной части Нечерноземной зоны // Агрохимия. – 1976. – № 3. – С. 3–13.
3. Мосолова, А. И. Влияние полимеров на структуру дерново-подзолистых почв и на урожайность сельскохозяйственных культур / А. И. Мосолова // Почвоведение. – 1970. – № 9. – С. 54–64.
4. Гулякин, И. В. Поступление цезия-137 в растения в зависимости от свойств почвы / И. В. Гулякин, Е. В. Юдинцева, Н. Н. Бакунов // Доклады ГСХА. – 1996. – Вып. 119. – С. 121–124.
5. Агеев, В. Ю. Система радиологических контролеров в агрофере Беларуси / В. Ю. Агеев. – Минск, 2001. – 250 с.
6. Штатнов, В. И. Полиакриламид и сополимер-8 как искусственные почвенные структуроулучшатели и как азотные удобрения / В. И. Штатнов, Н. И. Щербаков // Почвоведение. – 1964. – № 14. – С. 79–88.
7. Качинский, Н. А. Использование полимеров для оструктурирования и мелиорации почв / Н. А. Качинский, А. И. Мосолова, Л. Х. Таймуразова // Почвоведение. – 1967. – № 12. – С. 98–106.
8. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений / Г. С. Муромцев [и др.]. – М.: ВО Агропромиздат. – 1987. – 382 с.

УДК 633.112:631.524.824

## Влияние азотных удобрений на формирование площади листовой поверхности и зерновую продуктивность яровой твердой и мягкой пшеницы

Е. М. Чирко, кандидат с.-х. наук,  
Н. И. Кузьмич, младший научный сотрудник  
Брестская ОСХОС НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 21.06.2019 г.)

*В статье приведены результаты исследований по изучению влияния азотных удобрений на урожайность яровой твердой и мягкой пшеницы в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв юго-западной части республики. Дана сравнительная характеристика динамики нарастания площади листовой поверхности двух видов пшеницы в зависимости от уровня азотного питания.*

#### Введение

Важным резервом повышения урожайности сельскохозяйственных культур является наиболее полная реализация потенциальной продуктивности растений

*The article presents the results of studies on the effect of nitrogen fertilizers on the yield of spring durum and soft wheat in the conditions of sod-podzolic sandy loamy soils in the southwestern part of the republic. A comparative characteristic of the dynamics of increasing the leaf surface area of two types of wheat depending on the level of nitrogen nutrition is given.*

в условиях конкретной почвенно-климатической зоны. Рост является одной из главных функций продукционного процесса, для оптимизации которого необходимо изучение морфобиологических особенностей развития

растений, а также поиск и применение факторов экзогенного управления ими в онтогенезе, что актуально в практическом растениеводстве.

Одним из факторов, существенно влияющих на урожайность и продуктивность зерновых культур, являются удобрения. Минеральные удобрения играют важную роль в формировании уровня урожая, а также оказывают существенное влияние на качество продукции. На фоне правильного и своевременного проведения комплекса основных агротехнических мероприятий удобрения являются существенным фактором повышения урожайности, и при этом наиболее эффективно подающимся влиянию со стороны человека [1–4].

Максимальный урожай пшеницы можно получить только при своевременном и высококачественном проведении технологических операций, в том числе грамотном применении минеральных удобрений с учетом сортовых и зональных почвенно-климатических особенностей.

Цель исследований – установить влияние уровня азотного питания яровой мягкой и твердой пшеницы на формирование площади листовой поверхности и величину урожая зерна в условиях юго-западной части республики.

**Методика и условия проведения исследований**

Исследования проводили в 2016–2018 гг. на опытном поле Брестской областной сельскохозяйственной опытной станции. Почва опытного участка – дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, подстилаемая с глубины 0,5–0,7 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта: рН (KCl) – 6,18, содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O (по Кирсанову в модификации ЦИНАО) – соответственно 274–343 и 333–369 мг/кг почвы, гумуса (по Тюрину) – 2,1–2,3 %. Обеспеченность подвижными формами меди – 2,4 мг/кг почвы.

Предшественник – зернобобовые. Фосфорные и калийные удобрения P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> вносили с осени. Осенняя обработка почвы включала в себя лущение и зяблевую вспашку. Азотные удобрения применяли согласно схеме опыта. Весенний цикл обработки почвы предусматривал ранневесеннее закрытие влаги и предпосевную обработку комбинированным агрегатом АКШ. Норма высева яровой мягкой пшеницы – 5,0 млн шт./га, яровой твердой – 5,5 млн шт./га.

В качестве объекта исследований взят сорт яровой мягкой пшеницы Любава и сорт яровой твердой пшеницы Ириде. Любава – сорт отечественной селекции, районирован в 2012 г., среднеспелый, включен в список наиболее ценных по качеству сортов. Сорт яровой твердой пшеницы Ириде – итальянской селекции, среднеспелый, районирован с 2011 г. Схема опыта представлена в таблице 1.

В годы исследований погодные условия вегетационных периодов значительно различались по температурному режиму, а также по количеству выпавших осадков и характеру их распределения. За вегетационный период 2016 г. сумма атмосферных осадков составила 202 мм при среднемноголетней норме 266 мм. Наибольший дефицит атмосферного увлажнения наблюдался на протяжении июня, когда количество выпавших осадков составило 30 % месячной нормы. Среднемесячная температура апреля и мая превышала среднемноголетние показатели данных месяцев на 2,6 °С и 1,5 °С соответственно. Теплее обычного на 1,9 °С и 1,6 °С были также июнь и июль. 2017 г. характеризовался равномерным выпадением осадков на протяжении всего периода роста и развития

пшеницы. Их количество было в пределах среднегодовой нормы. Показатели среднемесячных температур за апрель – июль отклонялись от среднемноголетних значений не более чем на 0,5 °С. Самым неблагоприятным по температурному режиму и режиму атмосферного увлажнения был 2018 г. Наблюдался острозасушливый период на протяжении мая и июня, когда суммарное количество осадков за два месяца составило 30 мм при норме 140 мм. Острый дефицит атмосферного увлажнения сопровождался повышенным температурным фоном. Так, апрель был теплее обычного на 4,8 °С, среднемесячная температура мая составила 16,3 °С, июня – 18,4 °С, что на 2,8 °С и 2,1 °С соответственно выше среднемноголетних данных. В июле выпадали обильные осадки ливневого характера. Общая сумма осадков за месяц составила 151,4 мм, что практически в два раза превышает месячную норму.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Урожайность зерна и общей сухой биомассы яровой пшеницы находится в тесной взаимосвязи с основными показателями фотосинтетической деятельности растений [5]. При этом одной из характеристик любого растительного ценоза является определенное развитие листовой поверхности. На всякое изменение условий произрастания растение, прежде всего, реагирует изменением роста площади листьев. Недостаточно быстрый рост площади листьев и незначительные ее размеры наиболее часто являются фактором, ограничивающим продуктивность растений. В то же время с ее нарастанием происходит увеличение испаряющей поверхности, а также может наблюдаться взаимное затенение, что снижает интенсивность фотосинтеза и приводит к быстрому отмиранию листовых пластин [6]. Даже при обеспечении посевов влагой и питанием общая площадь листьев может достигать только более или менее определенных размеров (для зерновых культур – около 40–50 тыс. м<sup>2</sup>/га). Дальнейшее ее увеличение обычно уже неэффективно [7].

Как показывают результаты наблюдений за ходом развития листовой поверхности посевов яровой твердой и яровой мягкой пшеницы, площадь листьев зависела как от вида пшеницы, так и от условий выращивания, обуславливаемых, в том числе, и уровнем азотного питания. Установлено, что разовое внесение азотных удобрений перед севом способствует наращиванию листовой поверхности и в дальнейшем обеспечивает более длительное сохранение ее ассимилирующей

**Таблица 1 – Схема двухфакторного опыта по изучению влияния доз азотных удобрений на урожайность яровой мягкой и яровой твердой пшеницы**

Фактор	Градации
1. Вид пшеницы (фактор А)	Яровая мягкая (сорт Любава)
	Яровая твердая (сорт Ириде)
2. Доза азотных удобрений (фактор В)	Контроль – N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>
	N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>
	N <sub>90+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>
	N <sub>60+30+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>
	N <sub>90+30+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>

способности как у твердой, так и у мягкой пшеницы. Об этом свидетельствуют данные динамики нарастания площади листьев (рисунок 1 и 2).

Как видно из представленных на рисунке 1 данных, у яровой твердой пшеницы в фазе кущения и до фазы выхода в трубку не наблюдается различий между вариантами в показателях, и нарастание листовой поверхности происходит равномерно и постепенно. Максимальная площадь листовой поверхности (41,68 тыс. м<sup>2</sup>/га) формируется в фазе колошения при внесении азота из расчета 90 кг/га д. в., что на 37 % больше, чем в контроле. Внесение азотных удобрений в количестве 60 кг/га д. в. также способствует увеличе-

нию площади листьев до 34 тыс. м<sup>2</sup>/га. В дальнейшем ее величина резко снижается независимо от уровня азотного питания.

Такая же закономерность наблюдается и в посевах яровой мягкой пшеницы (рисунок 2). Внесение азотных удобрений обеспечивает наращивание площади листьев начиная с фазы выхода в трубку, достигает своего максимума в фазе колошения и в дальнейшем идет на убыль.

Полученные результаты свидетельствуют, что твердая пшеница в фазе колошения способна наращивать листовую поверхность, не уступающую по своей площади листовой поверхности посевов яровой мягкой пшеницы.

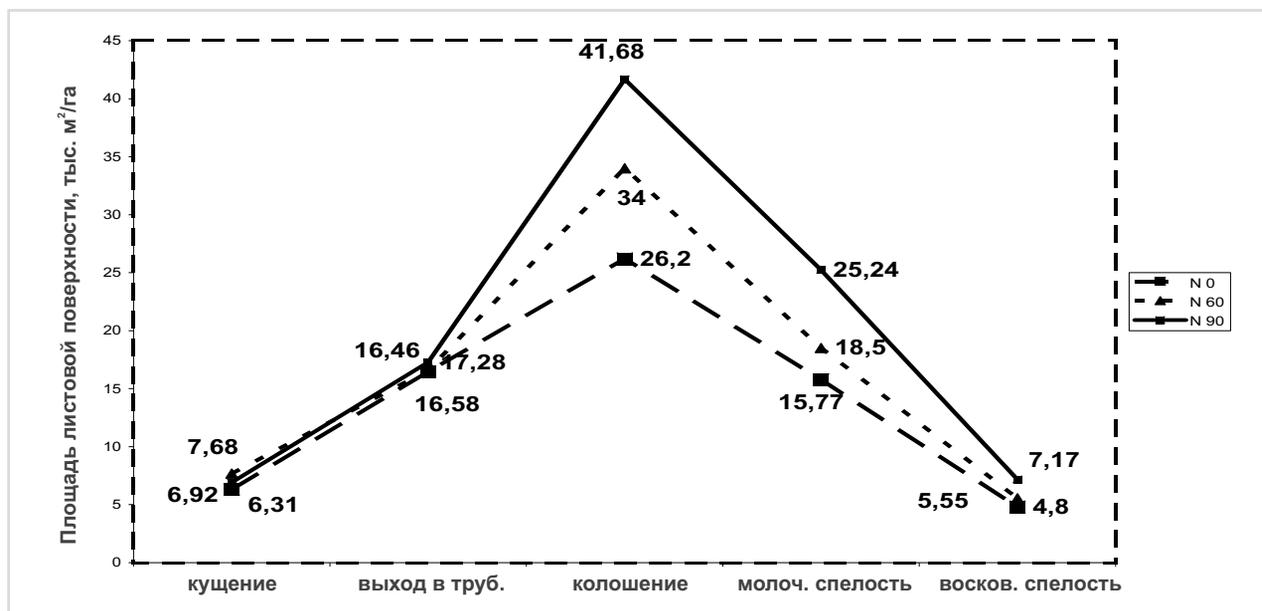


Рисунок 1 – Динамика нарастания листовой поверхности яровой твердой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания

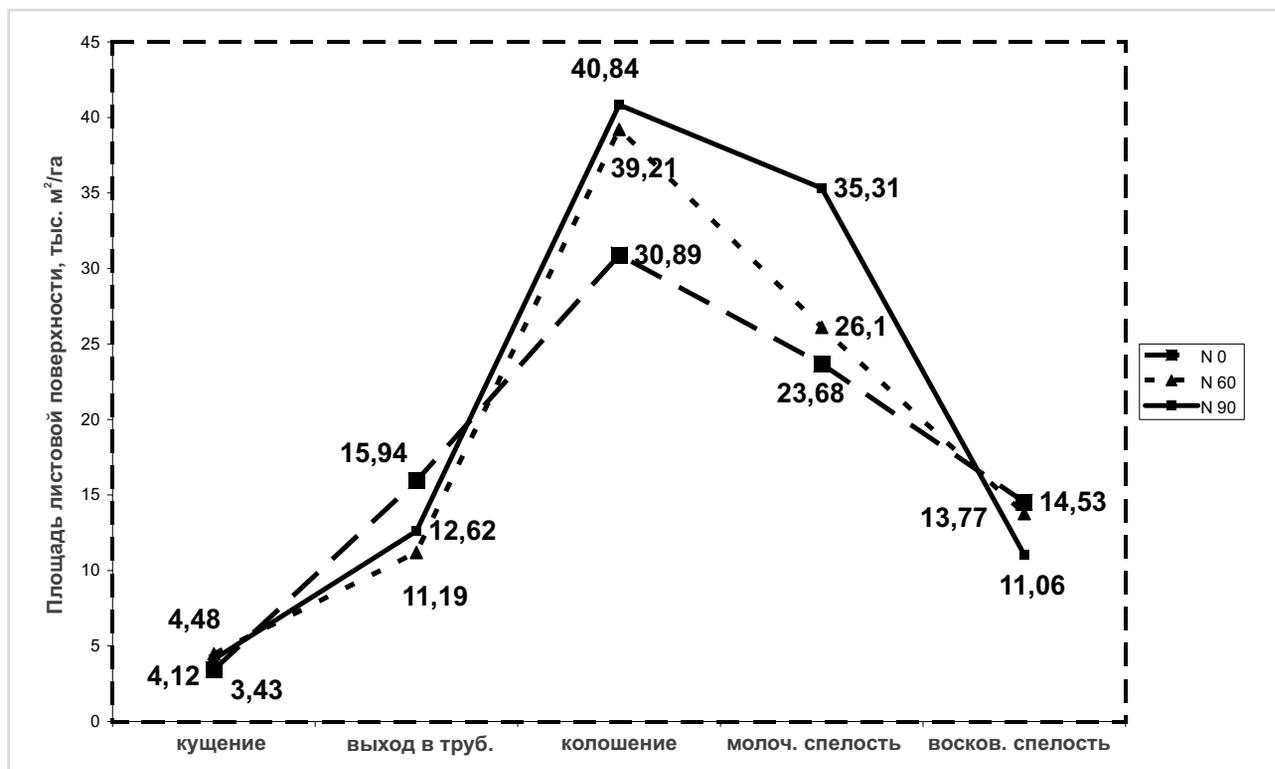


Рисунок 2 – Динамика нарастания листовой поверхности яровой мягкой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания

В то же время к концу вегетационного периода у яровой мягкой пшеницы листовая поверхность остается в более дееспособном функциональном состоянии, что подтверждают более высокие показатели площади листьев, которые составляют в зависимости от уровня азотного питания от 11,06 до 14,53 тыс. м<sup>2</sup>/га, в то время как у твердой пшеницы в фазе восковой спелости площадь листьев не превышает 5,55–7,17 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Площадь листовой поверхности, как уже отмечалось выше, определяет уровень продуктивности пшеницы. Результаты корреляционного анализа показывают, что урожайность зерна у яровой пшеницы находится в тесной зависимости от максимальной площади листьев: для твердой пшеницы коэффициент парной корреляции равен  $r = 0,7722$ , для мягкой –  $r = 0,7183$ .

Урожайность пшеницы в годы исследований в значительной степени зависела от погодных условий вегетационного периода. Основополагающее значение при этом имело количество осадков. В крайне засушливом 2018 г. урожайность твердой пшеницы не превысила 13,0 ц/га, мягкой – 22,5 ц/га (таблица 2).

В более благоприятных условиях 2016 г. зерновая продуктивность была выше. При этом яровая твердая пшеница не уступала по урожайности мягкой, хотя по потенциалу продуктивности сорта изначально имеют различие. Наиболее оптимальные условия для роста и развития пшеницы сложились в 2017 г. Средняя урожайность твердой пшеницы составила 33,3 ц/га, урожайность мягкой была выше на 4 ц/га.

В среднем за три года, исходя из полученных результатов, можно говорить о том, что использование азотных удобрений в технологии возделывания яровой твердой пшеницы способствует повышению ее зерновой продуктивности, но в меньшей степени, чем яровой мягкой. Для яровой твердой пшеницы наиболее эффективным является однократное использование азотных удобрений

из расчета 90 кг/га д. в. Дальнейшее увеличение дозы азотных удобрений не способствует росту урожайности. Дробное внесение азотных удобрений эффективно только в благоприятные годы.

Для яровой мягкой пшеницы двукратное применение азотных подкормок оказывает существенное влияние на увеличение урожайности. В среднем за три года наибольшая прибавка урожая зерна (8,3 ц/га) получена при использовании азотных удобрений из расчета  $N_{60+30+30}$ . В то же время следует отметить, что внесение азотных удобрений обеспечивает стабилизацию урожайности твердой пшеницы в большей степени, о чем свидетельствует тенденция снижения величины коэффициента вариации в вариантах с применением удобрений по сравнению с контролем. У мягкой пшеницы на фоне применения азотных удобрений наблюдается обратная картина: вариабельность урожайности возрастает. Происходит это главным образом за счет более высокой отзывчивости данного вида пшеницы на повышение азотного фона в условиях легких почв, особенно при достаточном увлажнении.

В большинстве случаев более низкий показатель  $Y_{min} - Y_{max}$  у мягкой пшеницы свидетельствует о более высокой стрессоустойчивости сорта Любава и о более широком диапазоне его приспособительных возможностей по сравнению с сортом Ириде. При этом снижение данной разности достигается не только за счет стабильности урожая по годам, но и за счет более высокого порога минимальной урожайности. Характеристику сортов по разности между минимальной и максимальной урожайностью дополняет величина  $(Y_{max} + Y_{min}) / 2$ , которая отражает среднюю урожайность сорта, а в нашем случае мы можем говорить о видах пшеницы. По данному показателю сорт Любава превышает сорт Ириде, что свидетельствует о более высокой степени соответствия между данным генотипом и внешними факторами среды.

Таблица 2 – Урожайность яровой твердой и мягкой пшеницы в зависимости от дозы азотных удобрений

Вариант	Урожайность, ц/га					V, %	$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{max} + Y_{min}) / 2$
	годы				± к контролю			
	2016	2017	2018	среднее				
<i>Яровая твердая пшеница, сорт Ириде</i>								
Контроль – $N_0P_{60}K_{90}$	22,5	31,8	10,0	21,4	–	50,9	–21,8	20,9
$N_{60}P_{60}K_{90}$	26,7	33,6	12,7	24,3	+2,9	43,8	–20,9	23,2
$N_{90}P_{60}K_{90}$	27,9	37,6	13,0	26,2	+4,8	48,4	–24,6	25,3
$N_{60+30}P_{60}K_{90}$	29,5	35,7	12,2	25,8	+4,4	47,2	–23,5	24,0
$N_{90+30}P_{60}K_{90}$	29,5	31,7	10,8	24,0	+2,6	47,9	–20,9	21,3
$N_{60+30+30}P_{60}K_{90}$	28,6	28,6	10,2	22,5	+1,1	47,2	–18,4	19,4
$N_{90+30+30}P_{60}K_{90}$	27,0	34,2	11,9	24,4	+3,0	46,6	–22,9	23,1
НСР <sub>05</sub>	1,9	3,5	2,4					
<i>Яровая мягкая пшеница, сорт Любава</i>								
Контроль – $N_0P_{60}K_{90}$	23,9	30,8	17,5	24,1	–	27,6	–13,3	24,2
$N_{60}P_{60}K_{90}$	28,3	33,5	16,7	26,2	+2,1	32,8	–16,8	25,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	26,5	38,4	22,5	30,1	+6,0	26,6	–15,9	30,5
$N_{60+30}P_{60}K_{90}$	31,4	30,3	16,7	26,1	+2,0	31,4	–13,6	23,5
$N_{90+30}P_{60}K_{90}$	30,8	42,1	14,8	29,2	+5,1	44,5	–27,3	28,5
$N_{60+30+30}P_{60}K_{90}$	32,8	47,5	17,0	32,4	+8,3	47,1	–30,5	32,3
$N_{90+30+30}P_{60}K_{90}$	28,4	38,8	13,7	27,0	+2,9	46,7	–25,1	26,3
НСР <sub>05</sub>	2,8	5,5	4,5					

## Заключение

Исследования свидетельствуют, что урожайность яровой пшеницы в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв юго-западной части республики во многом определяется условиями вегетационного периода. При этом твердая пшеница подвержена зависимости от условий вегетационного периода в значительно большей степени, чем мягкая. Доля влияния погодных условий в урожайности для сорта Ириде составляет более 90 %. Это свидетельствует о значительных рисках, которые возможны при возделывании твердой пшеницы в условиях региона. В засушливые годы возможно получение урожайности не более 10–12 ц/га. При условии равномерного и достаточного увлажнения на протяжении вегетационного периода уровень урожайности составляет 35–37 ц/га.

В среднем за три года исследований, исходя из полученных результатов, можно говорить о том, что использование азотных удобрений в технологии возделывания яровой твердой пшеницы способствует повышению ее зерновой продуктивности, но в меньшей степени, чем яровой мягкой. В то же время стоит отметить, что внесение азотных удобрений обеспечивает стабилизацию урожайности твердой пшеницы в большей мере,

о чем свидетельствует тенденция снижения величины коэффициента вариации в вариантах с применением удобрений по сравнению с контролем.

## Литература

1. Производство высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: научн.-практ. руковод. / под ред. С. Н. Шевченко; Самарский НИИСХ. – Самара: СамНЦ РАН, 2010. – 75 с.
2. Яровая пшеница / А. И. Бараев [и др.]; под общ. ред. А. И. Бараева. – М.: Колос, 1978. – 429 с.
3. Иванов, П. К. Яровая пшеница / П. К. Иванов. – М.: Колос, 1971. – 328 с.
4. Лесогорова, А. И. Урожай и качество зерна твердой и мягкой пшеницы в зависимости от уровня питания / А. И. Лесогорова // *Агрохимия*. – 1974. – № 12. – С. 77–84.
5. Крючков, А. Г. Зависимость урожайности яровой мягкой пшеницы от основных показателей фотосинтетической деятельности в агрофитоценозе / А. Г. Крючков, И. Н. Бесалиев // *Наука и хлеб (Вопросы теории и практики): сб. науч. раб.* – 1996. – № 4. – С. 51–64.
6. Ничипорович, А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / А. А. Ничипорович // *Фотосинтез и вопросы повышения продуктивности растений*. – 1968. – С. 5–37.
7. Ничипорович, А. А. Световое и углеродное питание растений / А. А. Ничипорович. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. – 289 с.

УДК 631.5:633.17:633.12(476)

## Агроэкономическая и энергетическая эффективность применения гуминовых препаратов в технологиях возделывания проса и гречихи

О. С. Корзун, Г. А. Гесть, кандидаты с.-х. наук  
Гродненский государственный аграрный университет

(Дата поступления статьи в редакцию 15.08.2019 г.)

*В статье изложены результаты исследований, проведенных в 2015, 2017 и 2018 г. по изучению влияния эффективности некорневого внесения гуминовых препаратов в посевах проса и гречихи на дерново-подзолистой супесчаной среднекультуренной почве в условиях Гродненского района.*

*Возделывание проса и гречихи оказалось наиболее экономически и энергетически эффективным при использовании гуминового препарата Гуморост в фазе кущения проса и фазе всходов гречихи: чистый доход с 1 га, рентабельность и биоэнергетический коэффициент достигали максимальных значений – у проса соответственно 56,3 руб., 20,1 % и 2,1; гречихи – 424,4 руб., 89,5 % и 2,9.*

### Введение

Эффективным, экологически безопасным способом повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур является применение гуминовых препаратов [8]. Это группа естественных высокомолекулярных веществ, которые благодаря особенностям строения и физико-химическим свойствам характеризуются высокой физиологической активностью.

Гуминовые препараты (гуматы) в настоящее время широко используются в качестве стимуляторов роста и бактериальных удобрений [14]. Гуминовые препараты нового поколения можно применять в незначительных дозах [8].

*The article presents the results of studies conducted in 2015, 2017 and 2018 years to study the effect of the effectiveness of foliar application of humic preparations on crops of millet and buckwheat on sod-podzolic sandy loamy cultivated soil in the conditions of the Grodno region.*

*The cultivation of millet and buckwheat turned out to be the most economically and energetically effective when using the humic preparation Humorost in the phase of tillering of millet and the phase of seedlings of buckwheat: net income per 1 ha, profitability and bioenergy coefficient reached maximum values for millet respectively 56,3 rubles, 20,1 % and 2,1; buckwheat 424,4 rubles, 89,5 % and 2,9.*

Актуально применение препаратов на основе гуминовых соединений, повышающих устойчивость растений к неблагоприятным, в том числе и по увлажнению, условиям среды. Особого внимания заслуживают адаптогенные свойства гуминовых веществ, обусловленные их способностью разрушать пестициды по истечении срока их действия, облегчать и ускорять процесс детоксикации культурных растений [12].

Гуминовые кислоты из торфа положительно влияют на поступление в растения азота, фосфора, калия, железа [2]. Гумины отличаются экологической безопасностью, адаптогенными и иммуномоделирующими свойствами, способностью связывать в малоподвижные