

## ВЛИЯНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ДИНАМИКУ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

**Исайчев Виталий Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Биология, химия, технология хранения и переработки продукции растениеводства»

**Провалова Елена Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»  
432063, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1. Тел.: 8(8422)55-95-50,  
e-mail: elenaprovalova@rambler.ru; isawit@yandex.ru

**Ключевые слова:** фосфорорганические регуляторы роста, макро- и микроэлементы, незаменимые аминокислоты, аминокислотный скор, индекс незаменимых аминокислот, коэффициент биологического поглощения.

Изучено влияние регуляторов роста на динамику макро- и микроэлементов и качество зерна озимой пшеницы Волжская К.

Исследования показали, что предпосевная обработка семян фосфорорганическими регуляторами роста производит положительные изменения в метаболических процессах, вызывает стимуляцию физиологических процессов в прорастающих семенах и развивающихся из них растениях. Высокая эффективность используемых препаратов обеспечивается при соблюдении агротехники, направленной на обеспечение растений элементами питания. Активизация химических процессов предусматривает реализацию материальных возможностей организма, что может быть осуществлено лишь на высоком уровне агрофона.

### Введение

Регуляторы роста нового поколения обладают тройным действием на растения: стимуляцией физиолого-биохимических процессов, повышение устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов и усиление неспецифического иммунитета.

Физиологический эффект действия регуляторов роста зависит от химической природы препарата, его концентрации, фазы роста и развития растений, экологических факторов [3].

Важной особенностью применения используемых факторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является вопрос о влиянии регуляторов роста на поступление в растения минеральных элементов питания.

Поглощение макро- и микроэлементов корневой системой и взаимосвязь с дру-

гими звеньями метаболизма остается сложным и окончательно не выясненным, кроме того, абсолютное содержание поглощенных элементов питания в растительном организме не находится в строгом соответствии с физиологической потребностью растений.

Определяющим фактором, влияющим на поступление питательных веществ в растения, является взаимодействие ионов, где одни ионы в растворе могут задерживать (антагонизм) или ускорять (синергизм) поступление других ионов в растения. Поэтому определение потребности в удобрениях по содержанию элементов питания в растениях имеет лишь ориентировочный характер. Углубленное изучение данного направления необходимо для обоснования энергосберегающих технологий и получения сельскохозяйственной продукции высокого качества. Исключительно актуальное значе-

ние данная задача имеет в практическом растениеводстве для эффективного применения минеральных удобрений с выявлением синергизма, антагонизма, аддитивности и коэффициентов взаимодействия в онтогенезе растений.

Для определения взаимодействия факторов выведена формула:

$$K_{вз.} = \frac{\sum DF - (D_1F_1 + D_2F_2 + D_3F_3 + \dots D_nF_n)}{\sum DF}$$

где  $K_{вз.}$  – коэффициент взаимодействия;

$\sum F$  – эффект от суммы факторов;

$D$  – доза или концентрация используемого вещества;

$F_1, F_2, F_3, F_n$  – действие изолируемых факторов;

Для оценки условий минерального питания растений большое значения имеет исследование по содержанию элементов питания в тканях растений. В связи с этим проводили анализы по динамике макро- и микроэлементов в зависимости от обработки семян озимой пшеницы сорта Волжская К регуляторами роста.

#### Условия и методика исследований.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднемоощный, среднесуглинистый со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса 4,3%,  $P_2O_5$  – 115,  $K_2O$  – 139,  $Mn$ –30,  $Mo$ –0,2,  $Zn$ –0,2,  $Cu$ –0,19,  $Co$ –2,2,  $J$ –2,9 мг/кг почвы. Степень насыщенности основаниями составляет 96,4-97,9%, сумма поглощенных оснований 25,5-27,8 мг-экв./100 г почвы.

Содержание тяжелых металлов в почве приведено в таблице 1.

Повторность опытов четырехкратная с рандомизированным размещением делянок площадью 15 м<sup>2</sup>. Схема полевого опыта включала 6 вариантов:

Схема полевого опыта:

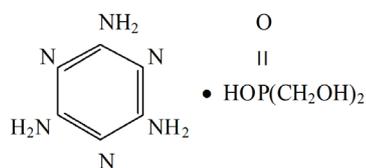
1. Контроль
2. Гиббереллин
3. Мелафен 1·10<sup>-7</sup>%
4. Мелафен 1·10<sup>-8</sup>%
5. Пирафен 1·10<sup>-7</sup>%
6. Пирафен 1·10<sup>-8</sup>%

Обработку семян проводили перед посевом из расчета 2 литра раствора на 1 центнер семян. На контроле семена были обработаны водой, на опытных вариантах рабочими растворами гиббереллина, мелафена, пирафена (концентрации установлены в Казанском институте органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КНЦ РАН и в Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии).

Мелафен относится к химии гетероциклических и фосфорорганических соединений, а именно к меламиновой соли бис (оксиметил) фосфиновой кислоты.

Известно, что бис (оксиметил) фосфиновая кислота является полифункциональным соединением, имеющим в своей структуре кислотную, фосфорильную и оксиметильные группы, способные взаимодействовать с различными биомолекулами. Препарат растворим в воде, и его водные растворы стабильны; мелафен малотоксичен для теплокровных, его  $LT_{50}$  = 2000 мг/кг для мышей. Молекулярная масса мелафена – 252,18.

Формула мелафена:



Исследования влияния мелафена в диапазоне концентраций 5·10<sup>-1</sup> - 1·10<sup>-12</sup> % показали, что чем ниже концентрация препарата, тем больший положительный эффект

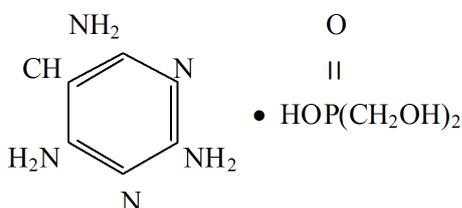
**Таблица 1**

**Содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг почвы**

| Показатель             | Тяжелые металлы |      |      |      |
|------------------------|-----------------|------|------|------|
|                        | Pb              | Cd   | Ni   | Cr   |
| Почва опытного участка | 16,1            | 1,50 | 42,0 | 50,0 |
| ПДК                    | 32              | 3    | 85   | 100  |

он оказывает на рост и деление клеток, дыхание и фотосинтез, хотя энергопотери при этом оказываются чуть выше контроля [4].

Формула пирафена:



Пирафен является аналогом мелафена, молекулярная масса пирафена – 251,18.

Объектом исследования была определена озимая пшеница сорта Волжская К, сорт выведен в 2004 году на кафедре селекции, семеноводства и генетики Ульяновской ГСХА методом индивидуального отбора из

синтетической популяции, полученной от скрещивания сортообразцов озимой пшеницы ВСГИ с Кинельской 4, разновидность erithrospermum.

Наблюдения за погодными условиями были проведены по данным метеостанции, расположенной в непосредственной близости от опытного поля Ульяновской ГСХА. Оценка метеорологических условий показала значительную вариабельность суммы осадков и температур в целом за годы исследований озимой пшеницы (рис.1,2).

За время проведения опытов в зимний период были отмечены продолжительные оттепели с превышением среднемноголетней температуры.

Вегетационный период озимой пшеницы 2005-2006 гг. характеризовался недостатком влаги перед посевом, в зимний период зафиксированы перепады температуры до -35°С. ГТК= 1,1.

В период 2006-2007 гг. погодные условия оказались более благоприятными для роста и развития растений опытной культуры, в зимний период (декабрь-начало января) необходимо отметить неоднократные оттепели до 0°С, что оказало влияние на низкую сохранность растений после перезимовки. ГТК= 1,1.

Метеорологические условия 2007-2008 гг. были выражены достаточно теплым осенним периодом и низкими температурами в течение зимы. ГТК=1,0.

Для более полной характеристики погодных условий за время проведения опытов была составлена динамика осадков и температуры.

В опытах проводили следующие наблюдения, учеты и анализы: азот опре-

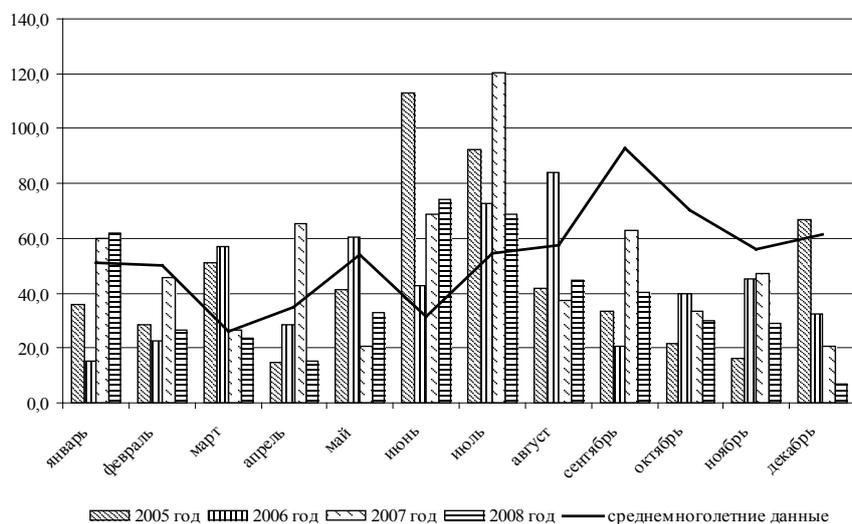


Рис. 1. Динамика осадков в течение вегетационного периода озимой пшеницы, (2005-2008 гг.)

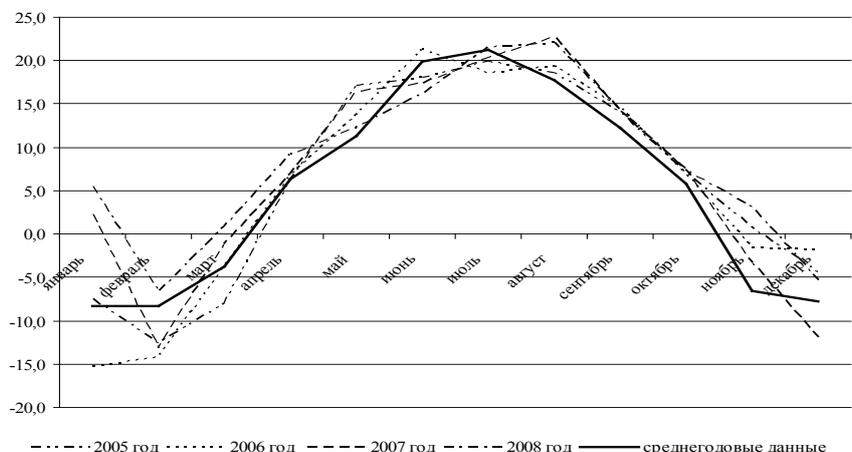


Рис. 2. Динамика температуры в течение вегетационного периода озимой пшеницы (2005-2008 гг.)

деляли по Кьельдалю (ГОСТ 13496-93), фосфор – ванадо-молибдатным способом (ГОСТ 26657-97), калий – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 30504-97), микроэлементы и тяжелые металлы – атомно-адсорбционным методом, марганец (ГОСТ-27997-88), цинк (ГОСТ-30178-96), медь (ГОСТ-30178-96), йод – титриметрическим методом, количество клейковины (ГОСТ-13586.1-68), качество клейковины - на приборе ИДК-5М, натуру зерна (ГОСТ 10840-64), аминокислотный состав определяли кислотным и щелочным гидролизом, далее на аминокислотном анализаторе ЛКВ-4101.

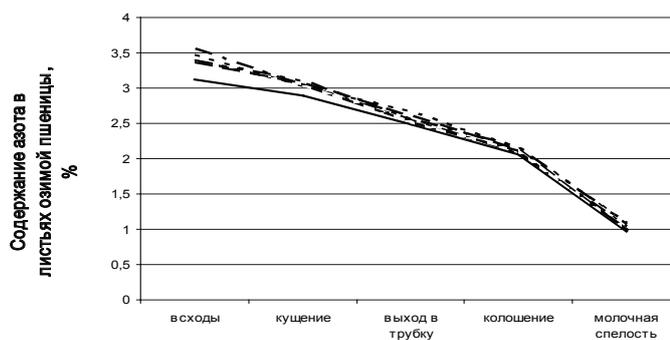
**Результаты исследований.** Среди органоидов азот занимает одно из важнейших значений в жизнедеятельности растений, являясь обязательным компонентом всех белковых молекул, составляющих биохимическую основу протоплазмы.

Азот входит в состав нуклеиновых кислот, аминокислот, индольных соединений, алкалоидов, многих витаминов и ферментов, хлорофилла.

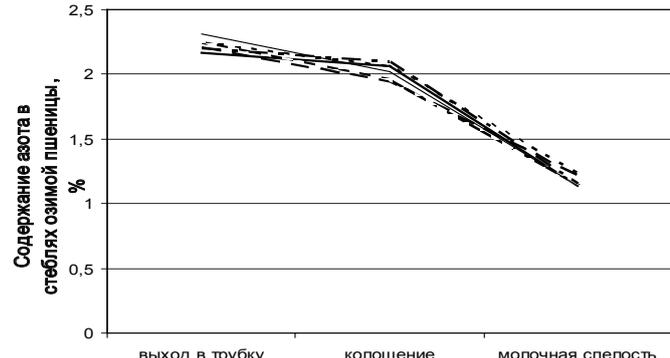
Усвояемость растениями происходит в виде анионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NO}_2^-$ , катиона  $\text{NH}_4^+$ , а также в форме аминокислот и других органических соединений.

Максимальное содержание азота в листьях опытной культуры наблюдается в фазу всходов и кущения на вариантах с использованием регуляторов роста, что выше по сравнению с контролем на 0,25-0,44%. Высокое усвоение азота растениями озимой пшеницы на данном этапе органогенеза обусловлено тем, что растения имеют смешанный тип питания и большее количество белков идет на построение тканей растительного организма (рис.3).

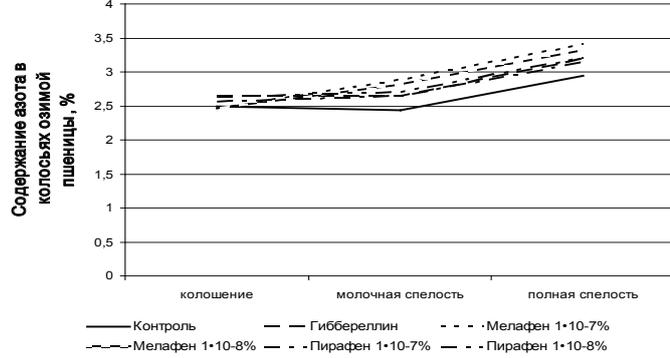
В фазу молочной спелости происходило снижение азотистых соединений как в листьях, так и в стеблях вследствие более интенсивного оттока в репродуктивные органы, что очень важно для ускоренного созревания и формирования полноценного зерна озимой пшеницы с высоким содержанием белка.



— Контроль      - - - Гиббереллин      - · - · Мелафен 1·10-7%  
 - - - Мелафен 1·10-8%      - · - · Пирафен 1·10-7%      - - - Пирафен 1·10-8%



— Контроль      - - - Гиббереллин      - · - · Мелафен 1·10-7%  
 - - - Мелафен 1·10-8%      - · - · Пирафен 1·10-7%      - - - Пирафен 1·10-8%



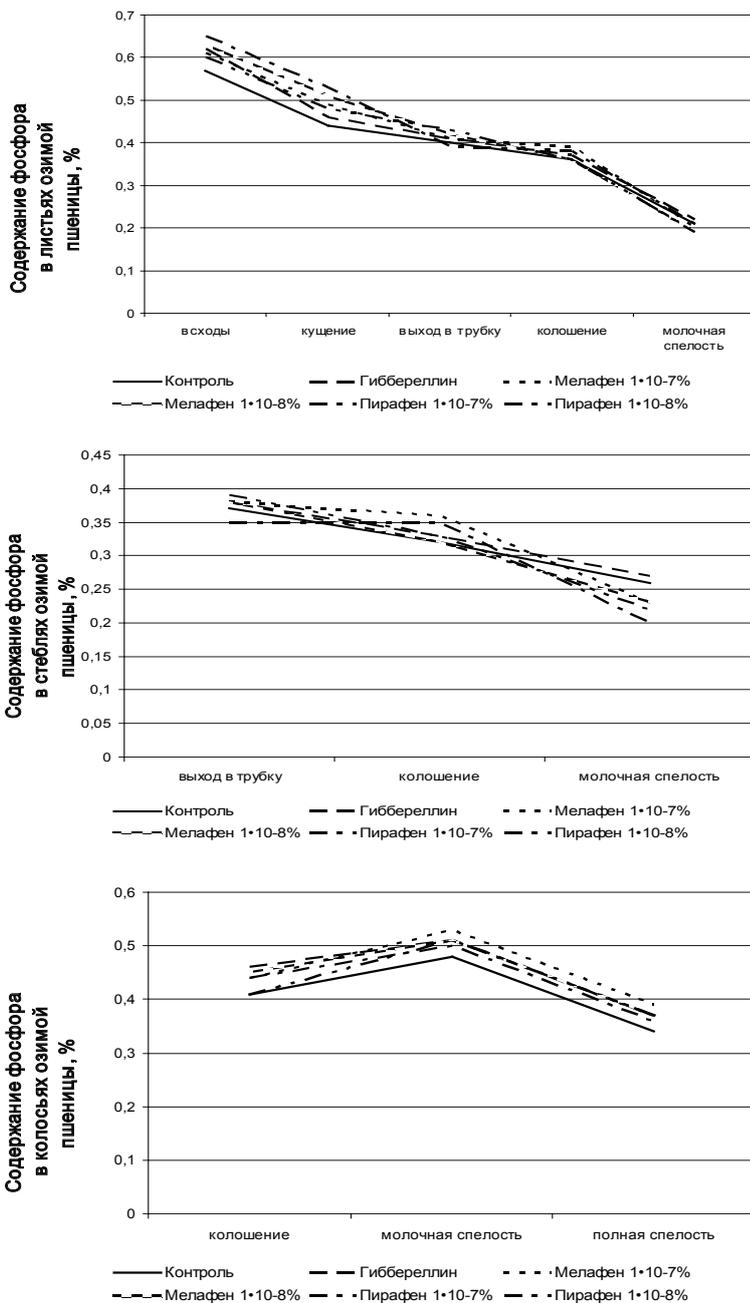
— Контроль      - - - Гиббереллин      - · - · Мелафен 1·10-7%  
 - - - Мелафен 1·10-8%      - · - · Пирафен 1·10-7%      - - - Пирафен 1·10-8%

**Рис. 3 Влияние регуляторов роста на динамику азота в органах озимой пшеницы, в % на абсолютно сухое вещество (среднее за 2006-2008 гг).**

На вариантах с использованием регуляторов роста содержание азота в генеративных органах увеличивается по сравнению с контролем на 0,19-0,44%.

Следует отметить, что отток азотистых соединений из вегетативных органов не совпадает с поступлением в генеративные из-за обильных осадков в период созревания культуры.

Интенсивный отток азотистых соединений из листо-стеблевой биомассы в ре-



**Рис.4. Влияние регуляторов роста на динамику фосфора ( $P_2O_5$ ) в органах озимой пшеницы, в % на абсолютно сухое вещество (среднее за 2006-2008 гг).**

продуктивные органы озимой пшеницы под влиянием регуляторов роста создает предпосылки для наибольшего накопления белка в получаемой продукции, так как решающим фактором высокобелковости у зерновых культур сопряжено, прежде всего, с активным транспортом азота из вегетативных органов в зерно по донорно-акцепторному механизму.

Поглощение фосфора растениями про-

исходит в основном виде гидро-дегидрофосфат анионов и находится в прямой зависимости от содержания в почве.

Данный элемент входит в состав нуклеопротеидов, аденозинфосфатов и других фосфатов, которые обладают пиррофосфатными связями с большим запасом свободной энергии гидролиза, следует отметить, что фосфор образует также фосфорнокислые эфиры сахаров и других соединений, необходимых для процессов дыхания и фотосинтеза, участвует в окислительном и фотосинтетическом фосфорилировании, синтезе белков и сложных углеводов.

В наших исследованиях с применением регуляторов роста установлено наибольшее содержание фосфора в растениях озимой пшеницы. Фосфорорганические препараты мелафен и пирафен изменяют содержание данного элемента в течение онтогенеза, аналогично в момент созревания в фазу молочной спелости происходит обратная связь по уменьшению содержания фосфора в листьях и стеблях с усиленным оттоком фосфорных соединений в репродуктивные органы (рис.4).

Изменение содержания фосфора по мере роста и развития озимой пшеницы под воздействием используемых факторов еще раз подкрепляет положительное влияние мелафена и пирафена на активацию фосфорного метаболизма. В отличие от азота и фосфора, входящих в состав различных органических соединений в растениях, калий содержится почти целиком в ионной форме и частично в виде растворимых солей в клеточном соке в адсорбированном состоянии на субклеточных структурах клетки и поступает в растение в виде катиона калия.

Калий повышает гидрофильность про-

топлазмы и увеличивает ее водоудерживающую способность, влияет на образование и передвижение углеводов, синтез белка, регулирует активность других элементов питания и тем самым повышает продуктивность сельскохозяйственных культур. Исследования, проведенные по динамике калия (рис.5) показывают, что в листьях максимальное его содержание в фазу всходов и кущения наблюдается на варианте пирafen 1•10<sup>-7</sup>%, что выше контроля на 0,22 – 0,36%.

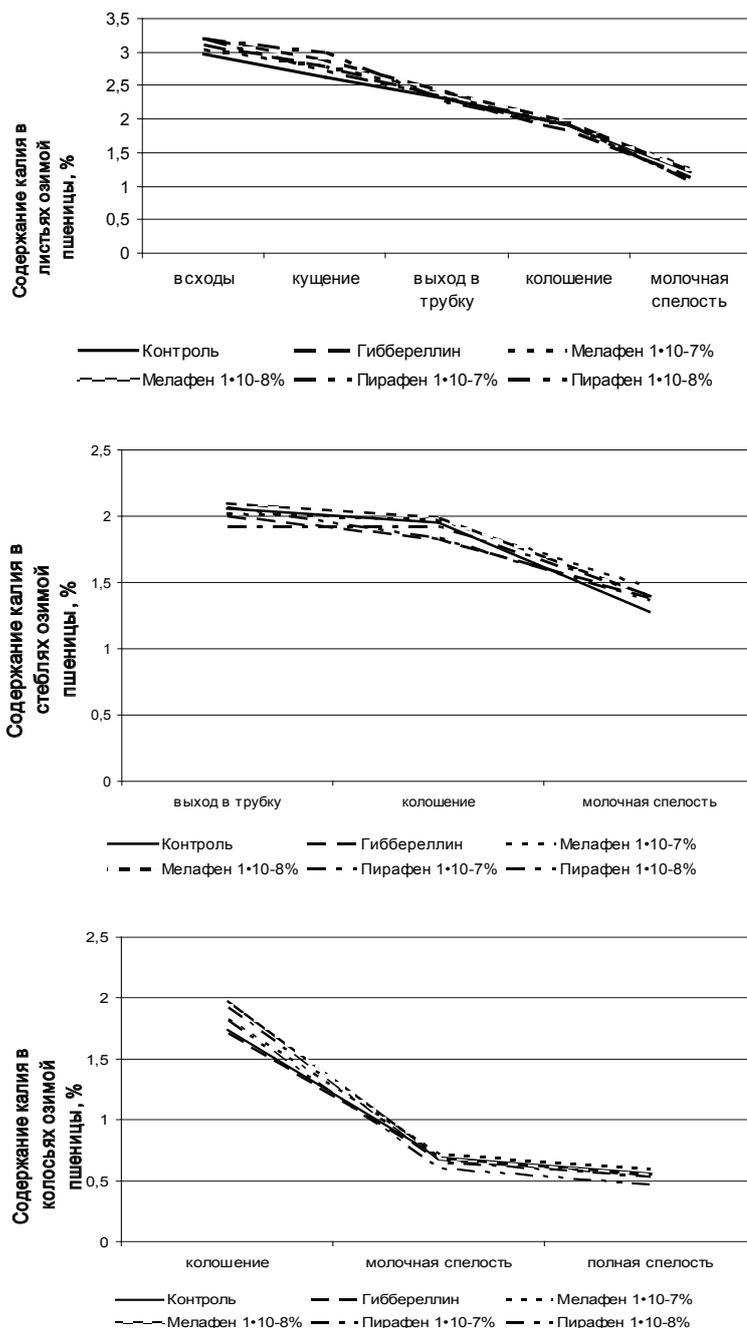
В фазу выхода в трубку и последующие фазы опытной культуры регуляторы роста не оказывают сильного влияния на динамику калия в растениях, по видимому, данный механизм связан с высокой рециркуляцией и реутилизацией данного элемента в растениях.

В производственной практике потребность культуры в элементах питания чаще всего характеризуют выносом их с хозяйственной частью урожая или на единицу основной продукции с соответствующим количеством побочной.

Положительное влияние обработки семян регуляторами роста на потребление макроэлементов растениями озимой пшеницы происходило на протяжении всей вегетации культуры (рис.6).

Расчеты показывают, что регуляторы роста увеличивали потребление азота в фазу кущения в 1,27-1,42, в фазу молочной спелости – в 1,33-1,73; фосфора – в 1,28-1,61 и 1,3-1,6; калия – в 1,28-1,49 и 1,19-1,52 раза соответственно по фазам роста и развития данной культуры. Наибольшее усиление потребления элементов питания происходило на варианте с обработкой семян мелафеном в концентрации 1•10<sup>-7</sup>%.

Применение для обработки семян пирafenа и особенно гиббереллина способствовало наименьшему потреблению макроэлементов из почвы растениями озимой

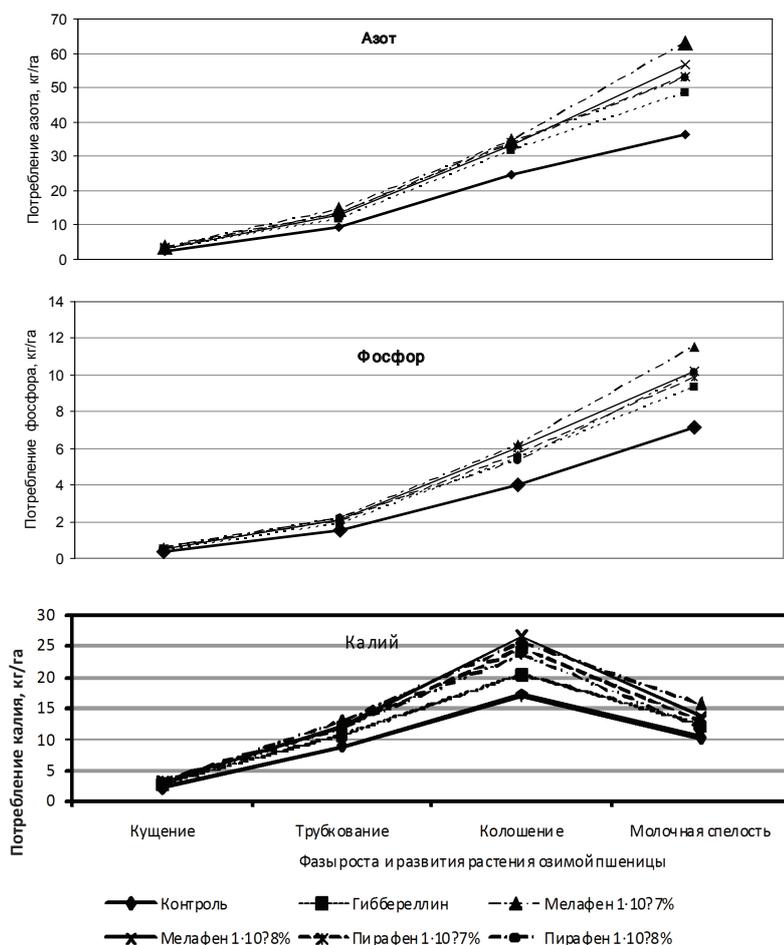


**Рис. 5 Влияние регуляторов роста на динамику калия (K<sub>2</sub>O) в органах озимой пшеницы, в % на абсолютно сухое вещество (среднее за 2006-2008 гг).**

пшеницы.

Регуляторы роста увеличивали общий вынос макроэлементов урожаем зерна и соответствующим количеством побочной продукции (табл.2).

Установлено, что на контрольном варианте общий вынос с урожаем составил: азота 93,29 кг/га, фосфора 20,86 кг/га, калия 64,31 кг/га, на изучаемых вариантах общий вынос азота варьировал от 104,73 кг/га (пи-



**Рис. 6. Влияние регуляторов роста на потребление озимой пшеницей азота, фосфора и калия по фазам роста и развития**

рафен 1·10<sup>-8</sup>%) до 117,29 кг/га (мелафен 1·10<sup>-7</sup>%), фосфора от 21,74 кг/га (мелафен 1·10<sup>-8</sup>%) до 25,18 кг/га (гиббереллин), калия от 74,88 кг/га (мелафен 1·10<sup>-8</sup>%) до 82,09 кг/га (мелафен 1·10<sup>-7</sup>%). Увеличение общего выноса NPK связано, как с увеличением содержания элементов в продукции, так и за счет повышения урожайности озимой пше-

ницы.

Наибольший вынос азота 117,29 и калия 82,10 кг/га выявлен на варианте с обработкой семян мелафеном в концентрации 1·10<sup>-7</sup>%. Увеличение общего выноса макроэлементов под воздействием гиббереллина и пирафена было наименьшим.

Исследования показали, что регуляторы роста повышают вынос азота, фосфора и калия как основной, так и побочной продукцией озимой пшеницы. Увеличение выноса NPK связано с ростом урожайности и повышением концентрации данных элементов в продукции.

Наряду с изучением азотного, фосфорного и калийного питания под действием регуляторов роста, накопление микроэлементов в растениях имеет большое значение, поскольку их недостаток или избыток в кормах и продуктах питания приводит к нарушению метаболизма в организме, а нередко и к заболеваниям животных и человека.

Поглощение микроэлементов осуществляется как метаболическим, так и неметаболическим путем, соотношение между ними зависит от биологических особенностей культуры.

На поступление и аккумуляцию микроэлементов в растения в тех или иных органах растений влияет, прежде всего, степень обеспеченности растений микроэлемента-

**Таблица 2**

**Вынос азота, фосфора и калия урожаем озимой пшеницы (в среднем за годы исследований), кг/га**

| Вариант                      | Зерно |       |       | Солома |       |       | Общий вынос |       |       |
|------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|                              | N     | P     | K     | N      | P     | K     | N           | P     | K     |
| Контроль                     | 57,87 | 10,08 | 10,55 | 35,42  | 10,78 | 53,76 | 93,29       | 20,86 | 64,31 |
| Гиббереллин                  | 70,30 | 12,59 | 11,56 | 40,83  | 12,59 | 63,40 | 111,13      | 25,18 | 74,96 |
| Мелафен 1·10 <sup>-7</sup> % | 77,38 | 13,67 | 12,61 | 39,91  | 11,13 | 69,48 | 117,29      | 24,8  | 82,09 |
| Мелафен 1·10 <sup>-8</sup> % | 69,62 | 11,25 | 11,65 | 36,48  | 10,49 | 63,23 | 106,1       | 21,74 | 74,88 |
| Пирафен 1·10 <sup>-7</sup> % | 70,93 | 11,96 | 10,92 | 39,47  | 12,64 | 65,36 | 110,4       | 24,6  | 76,28 |
| Пирафен 1·10 <sup>-8</sup> % | 70,10 | 11,54 | 12,69 | 34,63  | 10,30 | 64,27 | 104,73      | 21,84 | 76,96 |

Таблица 3

## Динамика микроэлементов в органах озимой пшеницы в среднем за 2005-2008 гг., мг/кг

| Вариант                      | Фенологические фазы |         |                |         |           |         |       |                   |         |       |       |  | Полная спелость |
|------------------------------|---------------------|---------|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------------------|---------|-------|-------|--|-----------------|
|                              | Всходы              | Кущение | Выход в трубку |         | Колошение |         |       | Молочная спелость |         |       | кокос |  |                 |
|                              |                     |         | лист           | стебель | лист      | стебель | кокос | лист              | стебель | кокос |       |  |                 |
| 1                            | 2                   | 3       | 4              | 5       | 6         | 7       | 8     | 9                 | 10      | 11    | 12    |  |                 |
| молибден                     |                     |         |                |         |           |         |       |                   |         |       |       |  |                 |
| Контроль                     | 0,35                | 1,12    | 0,35           | 0,35    | 0,38      | 0,25    | 0,33  | 0,49              | 0,67    | 0,56  | 0,98  |  |                 |
| Гиббереллин                  | 0,46                | 1,27    | 0,39           | 0,41    | 0,44      | 0,32    | 0,41  | 0,62              | 0,80    | 0,60  | 1,03  |  |                 |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,52                | 1,44    | 0,39           | 0,46    | 0,46      | 0,29    | 0,36  | 0,72              | 0,76    | 0,68  | 1,12  |  |                 |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,51                | 1,51    | 0,35           | 0,42    | 0,47      | 0,34    | 0,40  | 0,57              | 0,77    | 0,89  | 1,06  |  |                 |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,52                | 1,56    | 0,37           | 0,36    | 0,39      | 0,31    | 0,37  | 0,55              | 0,74    | 0,92  | 1,10  |  |                 |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,48                | 1,25    | 0,36           | 0,35    | 0,40      | 0,27    | 0,36  | 0,60              | 0,83    | 0,75  | 1,15  |  |                 |
| йод                          |                     |         |                |         |           |         |       |                   |         |       |       |  |                 |
| Контроль                     | 0,089               | 0,077   | 0,083          | 0,074   | 0,059     | 0,049   | 0,068 | 0,079             | 0,065   | 0,049 | 0,077 |  |                 |
| Гиббереллин                  | 0,108               | 0,084   | 0,101          | 0,088   | 0,075     | 0,050   | 0,076 | 0,097             | 0,083   | 0,062 | 0,086 |  |                 |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,109               | 0,095   | 0,096          | 0,095   | 0,074     | 0,063   | 0,084 | 0,107             | 0,089   | 0,071 | 0,088 |  |                 |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,127               | 0,094   | 0,098          | 0,085   | 0,073     | 0,064   | 0,079 | 0,087             | 0,074   | 0,063 | 0,083 |  |                 |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,146               | 0,098   | 0,109          | 0,086   | 0,083     | 0,067   | 0,078 | 0,092             | 0,092   | 0,055 | 0,078 |  |                 |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,133               | 0,103   | 0,095          | 0,084   | 0,076     | 0,066   | 0,082 | 0,109             | 0,082   | 0,055 | 0,084 |  |                 |
| кобальт                      |                     |         |                |         |           |         |       |                   |         |       |       |  |                 |
| Контроль                     | 0,093               | 0,076   | 0,077          | 0,069   | 0,086     | 0,058   | 0,069 | 0,111             | 0,124   | 0,060 | 0,112 |  |                 |
| Гиббереллин                  | 0,111               | 0,078   | 0,087          | 0,078   | 0,097     | 0,069   | 0,078 | 0,138             | 0,145   | 0,074 | 0,120 |  |                 |

Таблица 3 (продолжение)

## Динамика микроэлементов в органах озимой пшеницы в среднем за 2005-2008 гг., мг/кг

| Вариант                      | Фенологические фазы |        |         |         |                |         |           |         |       |                   |          | Полная спелость |       |
|------------------------------|---------------------|--------|---------|---------|----------------|---------|-----------|---------|-------|-------------------|----------|-----------------|-------|
|                              | Всходы              |        | Кущение |         | Выход в трубку |         | Колошение |         |       | Молочная спелость |          |                 |       |
|                              | лист                | лист   | лист    | стебель | лист           | стебель | лист      | стебель | колос | лист              | сте-бель |                 | колос |
| 1                            | 2                   | 3      | 4       | 5       | 6              | 7       | 8         | 9       | 10    | 11                | 12       |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,107               | 0,087  | 0,082   | 0,084   | 0,107          | 0,079   | 0,097     | 0,129   | 0,141 | 0,087             | 0,124    |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,114               | 0,088  | 0,086   | 0,087   | 0,107          | 0,070   | 0,093     | 0,138   | 0,160 | 0,073             | 0,125    |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,104               | 0,088  | 0,083   | 0,077   | 0,117          | 0,080   | 0,094     | 0,122   | 0,162 | 0,070             | 0,128    |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,120               | 0,101  | 0,083   | 0,080   | 0,112          | 0,087   | 0,106     | 0,127   | 0,129 | 0,068             | 0,121    |                 |       |
| марганец                     |                     |        |         |         |                |         |           |         |       |                   |          |                 |       |
| Контроль                     | 108,70              | 92,20  | 95,33   | 87,33   | 105,00         | 78,17   | 66,67     | 49,10   | 54,10 | 52,67             | 34,60    |                 |       |
| Гиббереллин                  | 128,93              | 108,17 | 106,33  | 97,00   | 126,33         | 89,60   | 79,33     | 54,60   | 58,33 | 63,33             | 36,80    |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 121,57              | 97,33  | 110,00  | 98,00   | 119,00         | 89,13   | 81,00     | 61,03   | 63,53 | 64,67             | 38,67    |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 131,67              | 98,93  | 114,67  | 99,00   | 124,67         | 86,37   | 83,83     | 51,70   | 57,60 | 57,00             | 39,20    |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 140,67              | 105,90 | 106,67  | 94,00   | 119,67         | 86,93   | 85,87     | 51,87   | 57,43 | 59,67             | 38,83    |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 128,79              | 99,80  | 113,00  | 105,33  | 126,33         | 85,90   | 77,23     | 55,93   | 64,63 | 65,33             | 35,53    |                 |       |
| медь                         |                     |        |         |         |                |         |           |         |       |                   |          |                 |       |
| Контроль                     | 12,58               | 10,33  | 9,17    | 9,77    | 9,63           | 8,57    | 7,87      | 5,00    | 5,03  | 6,50              | 3,13     |                 |       |
| Гиббереллин                  | 13,84               | 11,53  | 10,10   | 10,63   | 10,47          | 9,63    | 8,57      | 5,40    | 5,33  | 7,10              | 3,80     |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 14,81               | 12,37  | 9,97    | 10,83   | 10,77          | 9,07    | 8,63      | 5,57    | 5,77  | 7,27              | 3,53     |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 14,02               | 11,93  | 10,23   | 10,07   | 10,87          | 9,33    | 8,17      | 5,60    | 5,40  | 7,33              | 4,30     |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 14,49               | 10,80  | 9,50    | 10,80   | 12,03          | 9,17    | 9,03      | 5,50    | 5,63  | 7,73              | 4,50     |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 13,25               | 11,07  | 10,07   | 11,00   | 10,53          | 8,97    | 9,00      | 5,60    | 5,80  | 7,17              | 4,20     |                 |       |
| цинк                         |                     |        |         |         |                |         |           |         |       |                   |          |                 |       |
| Контроль                     | 21,62               | 26,13  | 21,23   | 25,27   | 20,87          | 32,87   | 18,27     | 14,27   | 18,10 | 19,17             | 26,20    |                 |       |
| Гиббереллин                  | 24,67               | 28,73  | 25,03   | 27,57   | 22,97          | 37,23   | 22,03     | 14,90   | 21,20 | 23,73             | 27,37    |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 25,93               | 29,83  | 23,33   | 27,30   | 24,63          | 34,03   | 21,27     | 14,93   | 20,97 | 21,83             | 27,43    |                 |       |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 24,13               | 27,43  | 23,23   | 26,40   | 23,30          | 33,30   | 19,50     | 16,40   | 19,67 | 22,20             | 28,27    |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 25,95               | 26,97  | 23,83   | 28,27   | 22,57          | 34,70   | 18,57     | 15,40   | 19,23 | 22,17             | 28,03    |                 |       |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 25,48               | 27,07  | 23,50   | 26,60   | 22,77          | 34,10   | 20,60     | 15,83   | 20,73 | 21,77             | 26,77    |                 |       |

ми, а также зависит от катионообменной емкости корней, биохимического состава и прочности связи ионов с клеточными оболочками.

Микроэлементы, поступая в растительный организм, проходят следующие этапы: преодолевают пектоцеллюлозную мембрану клеточной оболочки, затем цитоплазматическую и вакуольную мембраны. Этот путь может быть обусловлен простой диффузией, через поры мембраны по градиенту концентраций, прохождением через поры мембраны с потоком растворителя, липидной диффузией, диффузией с участием переносчика, обменной диффузией, активным метаболическим переносом элементов и пиноцитозом, который проходит за счет втягивания плазматической мембраны в наружных частях клетки. Образовавшаяся при этом полость втягивает раствор, окружающий клетку, а после смыкания протоплазмы на участке, которым полость сообщалась с раствором, образуется капля, в которой имеются вещества, в том числе и микроэлементы, необходимые для постепенного рассасывания и усваивания внутриклеточного содержимого. Мембраны обладают биокаталитической активностью и этим осуществляют направленный перенос веществ и минеральных элементов.

Изучение динамики поступления микроэлементов в растения с учетом используемых факторов для предпосевной обработки семян в региональных условиях лесостепи Поволжья представляет глубокий интерес.

Результаты исследований свидетель-

ствуют, что по содержанию в листьях с фазы всходов до выхода в трубку микроэлементы составили ряд:  $Mn > Zn > Cu > Mo > J > Co$ , начиная с фазы колошения, элементный ряд принимает следующий вид:  $Mn > Zn > Cu > Mo > Co > J$ .

На вариантах с применением регуляторов роста в листьях увеличивается содержание марганца в 1,02-1,21, цинка в 1,04-1,27, меди в 1,05-1,16, молибдена в 1,03-1,3, йода в 1,02-1,18, кобальта в 1,04-1,20 раза в зависимости от фазы опытной культуры (табл.3).

В листьях данной культуры максимальное содержание марганца и меди содержится в фазу всходов на опытных вариантах, где в среднем превышает контроль на 1,6 - 15,9%, цинка и молибдена приходится на фазу кущения, где выше контроля на 5,2 - 39,2%.

Аналогичное влияние регуляторы роста оказали на содержание микроэлементов в стеблях, колосьях и получаемой продукции озимой пшеницы. Применение в технологии возделывания данных препаратов способствует улучшению сбалансированности минерального питания растений, что обеспечивает реализацию их биологического потенциала, продуктивности и качества зерна. [1]

Продуктивность культуры обуславливается донорно-акцепторными отношениями между образованием ассимилятов и их использованием растительным организмом.

Урожайность является показателем реализации ботанико-биологических осо-

**Таблица 4**

**Урожайность озимой пшеницы, т/га**

| Вариант                     | Годы исследований |         |         |         | прибавка к контролю |         |
|-----------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|
|                             | 2006 г.           | 2007 г. | 2008 г. | Среднее | т/га                | %       |
| Контроль                    | 1,96              | 2,90    | 3,55    | 2,80    | -                   | 100     |
| Гиббереллин                 | 2,26              | 3,27    | 3,67    | 3,07    | 0,27                | +109,64 |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 2,40              | 3,33    | 3,80    | 3,18    | 0,38                | +113,57 |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 2,09              | 3,25    | 3,77    | 3,04    | 0,27                | +108,57 |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 2,30              | 3,40    | 3,67    | 3,12    | 0,32                | +111,43 |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 2,28              | 3,30    | 3,78    | 3,12    | 0,32                | +111,43 |
| НСР <sub>05</sub>           | 0,12              | 0,13    | 0,20    |         |                     |         |

Содержание белка в зерне озимой пшеницы, %

| Вариант                     | Года исследований |         |         | Среднее | Прибавка к контролю |
|-----------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------------------|
|                             | 2006 г.           | 2007 г. | 2008 г. |         |                     |
| Контроль                    | 11,69             | 12,38   | 11,17   | 11,75   | -                   |
| Гиббереллин                 | 13,05             | 13,52   | 11,86   | 12,81   | +1,06               |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 14,59             | 14,09   | 12,20   | 13,63   | +1,88               |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 13,68             | 13,83   | 12,43   | 13,31   | +1,56               |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 12,22             | 13,86   | 12,54   | 12,87   | +1,12               |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 12,88             | 13,11   | 11,74   | 12,58   | +0,83               |

бенностей культуры [2]

Исследования показали, что в среднем за годы исследований урожайность на опытных вариантах увеличивается на 0,27 – 0,38 т/га, наибольшую прибавку 0,38 т/га обеспечило применение мелафена в концентрации  $1 \cdot 10^{-7}\%$  (табл. 4).

Сортовые (наследственные) свойства, а также почвенно-климатические условия, регуляторы роста, агротехника оказывают влияние на качество зерна опытной культуры.

Одним из показателей качества зерна пшеницы является содержание белка. Среди различных элементов питания белкам принадлежит особенно важное место, т.к. потребность в протеине всех видов животных и человека весьма высока – от 14% до 25% сухой массы рациона, в то же время они не могут быть заменены никакими другими компонентами в питании живых организмов.

Под воздействием регуляторов роста активизируются процессы, связанные с синтезом и накоплением белка в зерне пшеницы, что в конечном итоге способствует

повышению его содержания. Обработка семян регуляторами роста увеличивает содержание белка в зерне в среднем за 2006-2008 гг. на 0,83 - 1,88%. (табл. 5).

Важное достоинство зерна пшеницы – образовывать белковый студень-клейковину, содержание и физические свойства которой обеспечивают возможность получения муки с высокими хлебопекарными свойствами.

Содержание клейковины увеличивается на вариантах с предпосевной обработкой семян регуляторами роста, необходимо отметить, что наибольшее повышение клейковины выявлено на вариантах с обработкой семян гиббереллином и мелафеном  $1 \cdot 10^{-7}\%$ , что выше контроля на 1,85 и 2,65% (табл. 6).

В качестве показателя биологической ценности белка использовали содержание незаменимых кислот, аминокислотный скор и рассчитывали индекс незаменимых аминокислот (ИНАК).

Регуляторы роста растений увеличивают содержание аминокислот из-за активизации азотного и углеводного метаболизма. Качественный состав и количественное содержание незаменимых аминокислот характеризуют биологическую ценность белка. Чем больше в количественном отношении той или иной незаменимой аминокислоты в белке, тем выше его биологическая ценность, особенно по лимитирующим аминокислотам.

По результатам ис-

Таблица 6  
Качество и количество клейковины в зерне озимой пшеницы (среднее за 2006-2008 гг.)

| Вариант                     | Массовая доля клейковины, % | ИДК, у.е. | Натурная масса, г/л |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|---------------------|
| Контроль                    | 22,40                       | 87,33     | 784,33              |
| Гиббереллин                 | 25,40                       | 85,00     | 796,67              |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 25,63                       | 82,00     | 799,33              |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 25,10                       | 82,33     | 797,67              |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 24,60                       | 83,17     | 789,00              |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 24,33                       | 82,17     | 792,33              |
| НСР <sub>05</sub>           | 0,19                        | 3,40      | 10,3                |

Таблица 7

Содержание незаменимых аминокислот (в среднем за 2006-2008 гг.), %

| Вариант                      | Валин | Лейцин | Изолейцин | Треонин | Метионин | Фенилаланин | Триптофан | Лизин | сумма | ИНАК |
|------------------------------|-------|--------|-----------|---------|----------|-------------|-----------|-------|-------|------|
| Контроль                     | 0,45  | 0,76   | 0,34      | 0,30    | 0,13     | 0,50        | 0,12      | 0,27  | 2,87  | 0,08 |
| Гиббереллин                  | 0,48  | 0,84   | 0,39      | 0,32    | 0,15     | 0,53        | 0,14      | 0,29  | 3,14  | 0,09 |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,50  | 0,86   | 0,39      | 0,34    | 0,15     | 0,56        | 0,15      | 0,31  | 3,26  | 0,09 |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,51  | 0,84   | 0,38      | 0,34    | 0,16     | 0,56        | 0,16      | 0,31  | 3,25  | 0,09 |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 0,51  | 0,82   | 0,38      | 0,35    | 0,16     | 0,55        | 0,15      | 0,30  | 3,21  | 0,09 |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 0,48  | 0,84   | 0,37      | 0,33    | 0,16     | 0,54        | 0,15      | 0,29  | 3,15  | 0,09 |

Таблица 8

Аминокислотный скор зерна озимой пшеницы (в среднем за 2006-2008 гг.), %

| Вариант                      | Валин | Лейцин | Изолейцин | Треонин | метионин +<br>цистин | фенилаланин +<br>тирозин | Триптофан | Лизин | Σ АК |
|------------------------------|-------|--------|-----------|---------|----------------------|--------------------------|-----------|-------|------|
| Контроль                     | 9,1   | 10,8   | 8,6       | 7,5     | 6,1                  | 11,2                     | 12,3      | 4,9   | 70,5 |
| Гиббереллин                  | 9,7   | 12,0   | 9,7       | 7,9     | 7,2                  | 12,3                     | 14,0      | 5,2   | 78,0 |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 10,1  | 12,3   | 9,8       | 8,4     | 7,5                  | 12,9                     | 15,0      | 5,6   | 81,5 |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 10,2  | 12,0   | 9,6       | 8,4     | 7,4                  | 12,7                     | 15,5      | 5,5   | 81,4 |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 10,1  | 11,7   | 9,6       | 8,6     | 7,2                  | 12,4                     | 15,0      | 5,5   | 80,1 |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 9,6   | 12,0   | 9,1       | 8,2     | 7,3                  | 12,3                     | 14,8      | 5,2   | 78,5 |

следований на всех опытных вариантах отмечается увеличение содержания незаменимых аминокислот по сравнению с контрольным вариантом (табл.7). Максимальное суммарное количество незаменимых аминокислот отмечается на варианте с применением мелафена

1•10<sup>-7</sup>%, что на 0,39% выше по сравнению с контролем.

Важно также учитывать сбалансированность незаменимых аминокислот в продуктах, слишком большой избыток одной из них может увеличить потребность в другой лимитирующей аминокислоте. Возможно

Таблица 9

Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы (в среднем за годы исследований), мг/кг

| Вариант                      | Cu   | Zn    | Pb   | Cd    | Hg     | Ni    | Cr   |
|------------------------------|------|-------|------|-------|--------|-------|------|
| Контроль                     | 3,13 | 26,20 | 0,21 | 0,085 | 0,0009 | 0,320 | 0,22 |
| Гиббереллин                  | 3,80 | 27,37 | 0,12 | 0,069 | 0,0005 | 0,127 | 0,07 |
| Мелафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 3,53 | 27,43 | 0,13 | 0,043 | 0,0005 | 0,143 | 0,08 |
| Мелафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 4,30 | 28,27 | 0,15 | 0,040 | 0,0003 | 0,106 | 0,05 |
| Пирафен 1•10 <sup>-7</sup> % | 4,50 | 28,03 | 0,17 | 0,027 | 0,0004 | 0,092 | 0,05 |
| Пирафен 1•10 <sup>-8</sup> % | 4,20 | 26,77 | 0,13 | 0,043 | 0,0007 | 0,210 | 0,15 |
| ПДК                          | 10,0 | 50,0  | 0,50 | 0,10  | 0,03   | 0,50  | 0,50 |

Таблица 10

**Коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов растениями озимой пшеницы в среднем за годы исследований**

| Вариант                     | Cu   | Zn   | Pb    | Cd    | Ni    | Cr     |
|-----------------------------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Контроль                    | 0,15 | 0,46 | 0,013 | 0,056 | 0,008 | 0,0044 |
| Гиббереллин                 | 0,18 | 0,47 | 0,007 | 0,046 | 0,003 | 0,0014 |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 0,17 | 0,51 | 0,008 | 0,029 | 0,003 | 0,0016 |
| Мелафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 0,21 | 0,47 | 0,011 | 0,018 | 0,002 | 0,0010 |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-7}\%$ | 0,20 | 0,47 | 0,011 | 0,018 | 0,002 | 0,0010 |
| Пирафен $1 \cdot 10^{-8}\%$ | 0,21 | 0,47 | 0,008 | 0,029 | 0,005 | 0,0030 |

также явление антагонизма, когда избыток какой-то одной аминокислоты снижает использование другой с аналогичной структурой [5].

В связи с этим определяли аминокислотный скор, который наиболее полно характеризует биологическую полноценность зерна. В качестве идеального белка применяли аминокислотную шкалу ФАО/ВОЗ.

Расчеты показывают, что суммарный аминокислотный скор увеличивается на опытных вариантах на 8,0-11,0% по отношению к контролю (табл.8).

В последние годы происходит массовое загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, что приводит к явно выраженным токсикозам растений, животных и человека. С агрономической и экологической точек зрения необходимы приемы возделывания сельскохозяйственных культур, которые способствовали снижению размеров поступления тяжелых металлов в растительный организм.

Поэтому, при изучении влияния факторов на качество продукции, необходимо было определить это влияние на изменение содержания тяжелых металлов в семенах. В связи с этим одним из показателей качества нами рассматривалось содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы (табл. 9).

На вариантах с применением предпосевной обработки семян регуляторами роста проявляется тенденция к снижению содержания тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы

Исследования показывают, что со-

держание тяжелых металлов в продукции уменьшается на вариантах с обработкой семян регуляторами роста: свинец – на 0,04-0,09 мг/кг, кадмий – на 0,016-0,058 мг/кг, ртуть – на 0,0002-0,0006 мг/кг, никель – на 0,110 - 0,228 мг/кг, хром – на 0,07 - 0,17 мг/кг.

Интенсивность поступления тяжелых металлов в растения из почвы оценивают с помощью коэффициента биологического поглощения (КБП), который представляет собой отношение содержания элемента в золе растения к его содержанию в почве. Величина КБП является интегральной, характеризует избирательную способность растения и отражает долю поглощенных элементов.

Расчеты по КБП тяжелых металлов в получаемой продукции опытной культуры показали, что данный показатель меньше единицы на всех вариантах опыта (табл. 10).

Уменьшение КБП по содержанию тяжелых металлов в зерне под действием обработки семян используемыми веществами имеет чрезвычайно существенное значение как фактор, ограничивающий поступление тяжелых металлов в растительный организм.

Тяжелые металлы по степени накопления в получаемой продукции составили ряд: Zn>Cu>Cd >Pb>Ni >Cr.

Таким образом, предпосевная обработка семян фосфорорганическими регуляторами роста вызывает положительные изменения в метаболических процессах, производит стимуляцию физиологических

процессов в прорастающих семенах и развивающихся из них растениях. Высокая эффективность используемых препаратов обеспечивается при соблюдении агротехники, направленной на обеспечение растений элементами питания. Активизация биохимических процессов предусматривает реализацию материальных возможностей организма, что может быть осуществлено лишь на высоком уровне агрофона.

#### **Библиографический список:**

1. Дозоров А.В., Костин О.В., Костин В.И. // Эколого-энергетическая эффективность биопрепаратов и микроэлементов синергистов под горох и сою // Ж. «Нива Поволжья» 2008, №3. - с.31-34
2. Дозоров А.В., Костин О.В., Костин В.И. // Оптимизация продукционного процесса гороха в условиях лесостепи Среднего Поволжья// Ж. «Зерновое хозяйство» 2003, №1. - с.15-55.
3. Вакуленко, В.В. Регуляторы роста / В.В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2004. - №1. - С.24-26.
4. Костин, В.И. Элементы минерального питания и росторегуляторы в онтогенезе сельскохозяйственных культур / В.И. Костин, В.А. Исайчев, О.В. Костин - М.: Колос, 2006. – 290 с.
5. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович // М.: Колос, 1980.- 319 с.

УДК 631.82: 631.821

## **ДИНАМИКА КИСЛОТНОСТИ ПАХОТНЫХ ПОЧВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Черкасов Евгений Андреевич**, аспирант кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»;

**Саматов Борис Кадырович**, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник отдела ФГУ «Станция агрохимической службы Ульяновская»;

**Карпов Александр Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»  
432063, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1  
Тел. 8(8422) 46-31-00, E-mail: [agrohim\\_73@mail.ru](mailto:agrohim_73@mail.ru)

**Ключевые слова:** реакция почвы, цикл агрохимического обследования, питательный режим почв, кислые почвы, известкование.

В Ульяновской области за период между первым и третьим циклами агрохимического обследования (1965-1985 гг.) площади сильнокислых почв возросли на 3,1, а среднекислых почв - на 46,8 тыс.га. Площадь всех кислых пахотных почв составила 629,8 тыс.га, или 35,3% обследованной площади пашни. По результатам VIII незавершенного цикла на 01.01.2011 года насчитывается 612,4 тыс. га кислых почв, что составляет 46,9 % пахотных почв.

Реакция почвы оказывает большое влияние на рост и развитие растений, на деятельность почвенных микроорганизмов, на протекающие в почве химические и биохимические процессы. Кислотность почвы

влияет на способность растений усваивать питательные вещества из почвы, из вносимых удобрений, на интенсивность минерализации органических веществ и на многие другие физико-химические процессы, про-