Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

инженерно – технологический факультет

общее земледелие, растениеводство

аспирантка 1-го года обучения

кафедра агрономии и экологии

Перепичай Марина Игоревна

Исследования в области естественных наук

**Агробиологические основы продуктивности новых сортов ячменя и их пригодность на технологические цели и в технологическом процессе ликёро – водочного и пивоваренного производства**

**Актуальность и проблематика научной работы.** Решение продовольственной проблемы в Российской Федерации в значительной степени зависит от эффективности зернового хозяйства АПК. Одной из важнейших задач этой отрасли является прекращение дальнейшего снижения спада производства зерна, связанного как с сокращением площадей возделывания, так и резким уменьшением урожайности.

Российский пивной и ликеро-водочный рынок - один из самых перспективных. С 1996 г. его объем увеличился более чем вдвое: с 210 до 555 млн. дал (1 дал = 10 л), а его потребление выросло с 23,6 до 38 л на человека в год. Ожидается, что за 5 - 7 лет российский рынок пива увеличится вдвое. Следовательно, потребуется значительное увеличение сырья для пивоваренной промышленности, и прежде всего - солода.

Однако на сегодняшний день из 6,7 млн. га, занятых посевами сортов пивоваренного ячменя только с площади 0,3 млн. га или 10 % собранного урожая , зерно соответствует ГОСТу 5060-86 «Пивоваренный ячмень». И это на фоне роста общего объема потребления пивоваренного ячменя до 1130 тыс. т, в том числе на пивоваренные заводы 850 тыс. тонн

Так что же послужило причиной сокращения посевных площадей пивоваренного ячменя и вызвало ухудшение качества производимой продукции?

Среди факторов, оказавших существенное влияние на снижение производства высокока­чественного пивоваренного ячменя, прежде всего, стал отход государства от регулирования производства этой культуры. Второй фактор - снижение плодородия почвы. Из года в год сокращаются объемы работ по восстановле­нию плодородия почвы. Резко снизились объемы внесения минеральных удобрений химической защиты от сорняков, болезней и вредителей зерновых культур. Несоблюдение научно обоснованных севооборотов, обработки почвы и предшественников повлекло за собой истощение почв и увеличение засоренности полей. Все это негативно повлияло на урожайность и качество пивоваренного ячменя - культуру с высокими требованиями по сортовой интенсивной технологиям.

Смоленская область находится в достаточно благоприятных условиях по влагообеспеченности и количеству тепла для возделывания ярового ячменя, она может быть регионом устойчивого производства высококачественного пивоваренного и продовольственного зерна с урожайностью 3,5 - 4, 0 т/га.

В этой связи возникает необходимость всестороннего изучения морфо – биологических особенностей возделываемых новых и перспективных сортов, а также разботки сортовой агротехники, позволяющей раскрыть их потенциальные возможности. В основе совершенствования технологий лежит формирование высокопродуктивных агрофитоценозов, в которых создавались бы близкие к оптимальным условия фотосинтетической деятельности за счёт регулируемых факторов, влияющих на формирование урожайности и качества зерна, а именно: сортов, фонов удобрений, сроков посева, предшественников.

**Цель и задачи исследований.** Цель работы - изучить влияние сроков посева, фонов питания, предшественников на формирование урожайности и качество зерна новых сортов ячменя, их пригодность на продовольственные цели, в пивоваренном, ликероводочном производстве.

В задачи исследований входило:

-выявить особенности роста, развития и формирования урожая сортов ячменя Владимир, Нур, Суздалец в зависимости от сроков посева, фонов минерального питания и предшественников Западного региона России;

-изучить влияние сроков посева, фонов питания на фотосинтетическую деятельность посевов ячменя;

-выявить отзывчивость ячменя на сроки посева, фоны питания, предшественников, а также их влияние на формирование урожая;

- определить экологическую пластичность и пивоваренную направленность указанных сортов ячменя, а также разработать приёмы повышения урожайности и качества зерна;

- дать оценку качества зерна ячменя Владимир, Нур, Суздалец в зависимости от изучаемых агроприёмов и определить их пригодность на технологические, пивоваренные и ликеро-водочные цели;

- изучить влияние сроков посева, фонов питания, предшественников на посевные качества семян;

- рассчитать и дать оценку энергетической и экономической эффективности изучаемых агроприемов;

- рассчитать матрицу потерь урожая и выявить наиболее эффективные агроприёмы.

- изучить пригодность сортов в технологическом процессе производства спирта.

**Научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.** Настоящая работа является результатом обобщения комплексных многолетних полевых исследований, выполненных в 2010 - 2013 гг. На основании системного подхода разработаны возможности получения высоких урожаев зерна ячменя, пригодного на посевные, технологические, пивоваренные и ликеро- водочные цели. Определены особенности формирования ассимилирующей поверхности, фотосинтетического потенциала и продуктивность фотосинтеза интенсивных сортов яровых зерновых культур. Научно обоснованы ранние сроки посева сортов ярового ячменя, выявлены оптимальные предшественники, дана оценка внесения азотных удобрений, а также комплексного использования минеральных удобрений. Доказана окупаемость энергозатрат при выращивании сортов ячменя на фонах минерального питания, обеспечивающих максимальную урожайность с высоким качеством зерна. Дана агроэкологическая оценка новым сортам в условиях Смоленской области. Изучаемые агроприёмы оценены с применением теории статистических решений. Улучшена технологическая схема производства спирта.

В результате проведенных исследований установлено, что в условиях Смоленской области новые сорта ячменя Владимир, Нур, Суздалец экологически пластичны и формируют уровень урожайности 3,5-5,5 т/га с хорошим качеством зерна, пригодного на продовольственные, технологические, пивоваренные, ликеро - водочные и посевные цели. При производственной проверке влияния сроков посева, фонов питания, предшественников на продукционный процесс формирования урожая и качества зерна ячменя в хозяйствах области (СПК «Дружба» Починковский район, СПК «Пелемзавод Доброволец», ЗАО «им. Мичурина» Смоленского района, СПК Племзавод «Радищева» Гагаринского района) получена прибавка 0,3 – 0,8 т/га. Качественные и технологические показатели зерна прошли апробацию в технологическом процессе на перерабатывающих предприятиях г. Смоленска: Пискарихинском спиртзаводе, СОАО «Бахус».

**Условия и методика проведения исследований**. Исследования по сортам ячменя проводились на опытном поле ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА» и ООО «Восток» Новодугинского района Смоленской области. Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая, среднеокультуренная, слабокислая (рНС01= 5,8). Содержание элементов питания: гумус - 1,9%; подвижного фосфора – 148 мг на 1 кг; подвижного калия - 163 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы.

Изучение формирования урожая и качества зерна сортов ячменя в зависимости от сроков посева проводили в двухфакторном опыте (1). Фактор А - сорта ячменя Нур (контроль), Владимир, Суздалец; фактор В - сроки посева; 1 –при физической спелости почвы, последующие 4 - с интервалом 6-7 дней.

В опыте (2) испытывались сорта Владимир и Суздалец в вариантах: контроль (без удобрений); фон – Р80 К80; на фоне Р80 К80 уровень азотного питания N60, N80, N100, N60+20(кущение); N40+40 (кущение) кг/га действующего вещества.

Опыт (3) включал изучение влияния предшественников (озимые зерновые, зернобобовые, ячмень, многолетние травы и пропашные) на формирование урожая и качества зерна ячменя.

Агротехника возделывания ячменя в опытах - общепринятая. Опыты закладывались в четырехкратной повторности. Размещение делянок - рендомизированное. Общая площадь делянки - 80 - 100 м2 , учетная - 60 м2.

Наблюдения, учёты и лабораторные анализы проводились по общепринятым методикам и соответствующим ГОСТам (Приложение А)

**Результаты исследований.**

Гидротермические условия в годы проведения исследований отличались как по годам, так и от среднемноголетних данных, что позволило объективно оценить изучаемые сорта и агроприёмы.

**Выживаемость растений.** Одним из основных показателей, влияющим на формирование урожая сортов ячменя является полевая всхожесть.

В проведённых исследованиях полевая всхожесть сортов ячменя колебалась от 84 до 64 % и наибольшей она была на ранних сроках посева - 81-84 %. Поздние сроки посева снижали этот показатель на 3-13 %, что связано с дефицитом влаги и повышенными температурами воздуха. Больших различий по полевой всхожести между сортами, фонами минерального питания и предшественниками не наблюдалось.

Существенное влияние на полевую всхожесть оказали метеоусловия. Так, в условиях 2012 г., при дефиците влаги (6 мм) и пониженных температурах воздуха ( на 1.5°С ниже нормы) на первом сроке посева, оптимальным для обоих сортов оказался второй срок посева, где полевая всхожесть составила 82 - 84%, что выше 3 - 7% первого и на 6 - 9% - третьего срока посева.

Все существующие агроприемы должны быть направлены на увеличение сохранностирастений во время их вегетации. На выживаемость растений сортов ячменя оказали влияние: метеоусловия - 32 %; сроки посева - 33 %; удобрения - 26%: сорт - 6 %. В целом по опыту, где изучались сроки посева, выживаемость растений колебалась от 71 до 85 %. Наибольшая выживаемость была в вариантах первого срока посева и составила по сорту Нур- 82 %, по сорту Владимир - 85 %, по сорту Суздалец - 84 %, что соответственно на 1-2% выше в сравнении со вторым и на 12-13 % - с поздними сроками посева. Наибольший процент гибели растений по всем срокам посева наблюдался в период «кущение - колошение». Это было особенно характерно для растений третьего срока посева, что связано с недостатком влаги в почве, повышенными температурами воздуха, повреждением растений шведской мухой и поражением болезнями.

Существенное влияние на выживаемость оказали фоны минерального питания. Наиболее высокие показатели по выживаемости были в вариантах с внесением азотных удобрений. Так, по сорту Владимир на контроле она составила 75 %, то в вариантах с азотом она колебалась от 81 до 83 %, по сорту Суздалец соответственно: 72 %; 79-83 %.

Выживаемость в опыте была высокой по всем предшественникам и колебалась от 76 (по ячменю) до 80% (по озимым и пропашным).

**Фотосинтетическая деятельность посевов**. В проведённых исследованиях наибольший прирост листовой поверхности у сортов ячменя во всех вариантах происходил в фазу выхода в трубку, где площадь листьев возрастала в среднем в 3,7 раза, что обусловлено образованием листьев и их линейным ростом. К фазе колошения процесс листообразования стабилизировался и достиг своего максимального значения (27,2-42,3 тыс.м2 /га). В фазу молочной спелости, за счет отмирания листьев нижнего и среднего ярусов, листовая поверхность снизилась в 2,6-9,3 раза и составила 2,9-12,8 тыс лг/га (табл.1).

Таблица 1 – Фотосинтетическая продуктивность сортов ячменя.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сроки посева | | Площадь листьев max тыс.м2 /га | | ФПП, млн. м2х дн./га | | | | К хоз., ед | | | Зерно,  кг/1тыс. ед. ФП | | Сухое  вещ-во,  т/га | | ЧПФ.  г/м2 х дн. | |
| Нур | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **I** | | 40,8 | | | 1,75 | | | 4,1 | | | 2,6 | | 11,2 | | 6,4 | |
| **II** | | 40,2 | | | 1,70 | | | 4.4 | | | 2,5 | | 10,4 | | 5,8 | |
| **III** | | 36,8 | | | 1,62 | | | 4,0 | | | 2,0 | | 8,1 | | 5,1 | |
| **IV** | | 33,3 | | | 1,38 | | | 3,4 | | | 1,6 | | 6,8 | | 4,9 | |
| **V** | | 30,1 | | | 1,04 | | | 2,9 | | | 1,3 | | 4,6 | | 4,4 | |
| Владимир | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **I** | | 42,3 | | 1,83 | | | 4,2 | | | | 2,7 | | 11,8 | | 6,4 | |
| **II** | | 41,7 | | 1,78 | | | 4.4 | | | | 2,7 | | 11,0 | | 6,2 | |
| **III** | | 37,4 | | 1,70 | | | 4,5 | | | | 2,3 | | 8,7 | | 5,1 | |
| **IV** | | 34,5 | | 1,51 | | | 3,7 | | | | 1,7 | | 7,0 | | 4,7 | |
| **V** | | 29,7 | | 1,09 | | | 3,1 | | | | 1,5 | | 5,4 | | 5,0 | |
| Суздалец | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **I** | 40,6 | | | | | 1,81 | | | 4,1 | | 2,5 | | 11,0 | 6,1 | | |
| **II** | 41,2 | | | | | 1,74 | | | 4,2 | | 2,5 | | 10,6 | 6,1 | | |
| **III** | 36,1 | | | | | 1,65 | | | 4,4 | | 2,2 | | 8,3 | 5,0 | | |
| **IV** | 30,9 | | | | | 1,36 | | | 3,2 | | 1,7 | | 6,2 | 4,6 | | |
| **V** | 27,2 | | | | | 0,99 | | | 2,7 | | 1,3 | | 5,0 | 5,0 | | |
| Фоны питания: числитель Владимир, знаменатель Суздалец | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Контроль | | | 29,7/28,4 | 1,14/1,06 | | | | 3,4/3,0 | | 2,0/1,8 | | 6,9/6,5 | | | | 6,1/6,2 |
| P80 K80 | | | 34,3/33.4 | 1,28/1,29 | | | | 4,0/3,6 | | 2,2/1,9 | | 7,1/6,8 | | | | 5,6/5,2 |
| N60 ( P K)80 | | | 39,7/38,9 | 1,70/1,63 | | | | 4,3/4,0 | | 2,5/2,2 | | 9,9/9,1 | | | | 5,8/5,5 |
| N80 (P K)80 | | | 41,8/40,3 | 1,81/1,78 | | | | 4,3/4,0 | | 2,6/2,4 | | 11,5/11,0 | | | | 6,3/6,1 |
| N100 (P K)80 | | | 42,0/42,8 | 1,80/1,83 | | | | 4,1/3,9 | | 2,5/2,4 | | 11,3/11,0 | | | | 6,0/6,0 |
| N60+20 (PК )80 | | | 43,6/43,0 | 1,94/1,86 | | | | 4,1/3,9 | | 2,5/2,4 | | 11,3/11,5 | | | | 6,2/6,2 |
| N40+40 (PК )80 | | | 41,8/40,0 | 1,89/1,75 | | | | 4,3/4,2 | | 2,4/2,4 | | 10,9/10,4 | | | | 5,8/5,7 |

По величине площади листьев выделился сорт Владимир (29,7-42,3 тыс.м2 /га), он превысил сорт Нур на 0,9 и сорт Суздалец на 1,9 тыс. м2 /га.

Более высокий фотосинтетический потенциал посевов (ФП) формировался при ранних сроках посева и составил за вегетацию у сорта Нур - 1747, у сорта Владимир - 1828, у сорта Суздалец - 1807 тыс.м2 \*дн./га. Поздние сроки посева снизили этот показатель у сорта Нур на 41 %; у сорта Владимир на 42 %; у сорта Суздалец на 46 %, что связано с сокращением вегетационного периода растений и уменьшением площади листьев. Более высокая продуктивность ФП сложилась в период «выход в трубку - колошение» и составила по первому сроку посева у сорта Нур 724; у сорта Владимир 743; у сорта Суздалец 734 тыс. м2 \*дн./га. При поздних сроках посева он снижался более чем на 50 %.

На величину ФП оказали влияние и фоны минерального питания. Так, в сравнении с контролем, фосфорно-калийный фон увеличивает ФП у сорта Владимир на 158 (12 %); применение N60 на 560 (49 %), N80 - на 669 (59 %), N100- на 768 тыс.м2\*дн./га (68 %). По сорту Суздалец соответственно: на 238 (22 %), 579 (55 %), 732 (69 %), 782 тыс.м2 \*дн./га (74 %). Подкормка в дозе кг/га д.в., в сравнении с разовым внесением азота, увеличила ФП на 9-1 1 %.

Максимальный урожай сухого вещества отмечался на первом сроке посева составил у сорта Нур 11,17; у сорта Владимир - 11,75; у сорта Суздалец - 11,04 т/га (рис.1).

т/га

Рисунок 1. Сбор сухого вещества сортов ячменя,т/га

На втором сроке посева урожай сухого вещества снизился у сорта Нур на 7%, у сорта Владимир на 6 %, у сорта Суздалец на 4 %; на третьем - на 31 %, 22 %,26%; на четвертом на 40 %, 41 %, 44 %; на пятом на 59 %, 55 %, 55 % соответственно. Это объясняется, во-первых, снижением полевой всхожести на 2-3 %, общей выживаемости на 2-48 %, листовой поверхности на 3-6 %, а также отставанием в росте растений по высоте, где разница между первым и пятым сроками посева составила для сортов ячменя на 8-12 см.

Наибольший урожай сухого вещества был получен при дробном внесении азота 60 (под культивацию) + 20 (в подкормку) кг/га д.в. на фоне Р80 К80 и составил у сорта Владимир - 11,99 т/га; у сорта Суздалец - 11,51 т/га, а также на фонах питания N80 P80 K80 кг/га для сорта Владимир (11,47 т/га); для сорта Суздалец - N100 P80 K80 кг/га (11,04 т/га). Сухой и влажный годы снижали этот показатель. Соответственно, у сорта Нур на 1,9 т/га (16 %); 0,8 т/га (5 %); у сорта Владимир на 1,3 т/га (12 %); 0,6 т/га (4 %); у сорта Суздалец 2,1 т/га (19,0 %); 1,0 т/га(8 %).

Важную роль в формировании урожая зерновых культур играет чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Данный показатель у ячменя за вегетацию по всем сортам был наибольшим по первому сроку посева и составил у сорта Нур - 6,37 г/м2\* сут.; у сорта Владимир - 6,43 г/м2 \* сут., у сорта Суздалец 6,11 гм2 \*сут., что соответственно выше у поздних сроков посева на 9-13 %, 5-24 %, 2- 18 % соответственно. Показатели чистой продуктивности фотосинтеза резко возрастали в фазу выхода в трубку (5,62-7.86 г/м2 \*сут.), но наибольшие они были в фазу колошения (6,84-8.64 г/м2 \*сут.).

Увеличение уровня минерального питания способствовало росту листовой поверхности и сухого вещества, но большой разницы по ЧПФ не наблюдаюсь (6,18-6,34 г/м2 \* сут.).

В опыте с предшественниками наибольшее формирование листовой поверхности растений ячменя Владимир отмечалось в межфазные периоды «выход в трубку - колошение» и «колошение» и в среднем по опыту колебалось от 38,9 до 42,5 тыс.м2/га (табл. 2).

В зависимости от предшественников ФПП ячменя Владимир колебался от 1706 до 1937 тыс.м2\*дн./га. Наиболее высоким он был по предшественнику озимые и составил 1937 тыс.м2\*дн./га, что выше пропашного предшественника на 1,5 - 2%, занятого пара на 2 - 2,5%, многолетних трав на 2,5 1—3,0 % и ячменя на 12%.

Таблица 2 -Фотосинтетическая деятельность посевов ячменя Владимир в зависимости от предшественников.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предшественники | Площадь  листьев,  max м2/га. | Сухое  вещ-во,  т/га | ФПП,  тыс.  м2\*дн./га | ЧПФ, г/м2 \*дн. | Зерно, кг/ тыс. ед. ФПП |
| Озимые | 42,5 | 11,3 | 1937 | 5,8 | 1,86 |
| Пропашные | 41,6 | 11,0 | 1919 | 5,7 | 1,79 |
| Занятый пар | 41,6 | 11,1 | 1900 | 5,8 | 1,84 |
| Многолетние травы | 40,3 | 10,5 | 1889 | 5,6  . | 1,77 |
| Ячмень | 38,9 | 9,3 | 1706 | 5,4 | 1,66 |

Наибольший урожай сухого вещества ячменя Владимир был по занятому пару (11,08 т/га), что выше, чем по пропашным, на 0,08 т/га; по озимым – на 0,32 т/га, и ячменю - на 1,82 т/га.

**Урожайность и элементы её структуры.** Урожайность является основной оценкой эффективности того или иного агроприёма и выражает его величественные результаты. Наибольшая урожайность ячменя была отмечена при первом сроке посева и составила для сорта Нур 4,49 т/га, для сорта Владимир - 4,88 г га, для сорта Суздалец - 4,53 т/га. Существенных различий между первым и вторым сроком посева у сортов ячменя не наблюдалось. В тоже время различия по третьему сроку посева составили у сорта Нур - 1,27 т/га; у сорта Владимир - 0,98 га; у сорта Суздалец - 0,94 т/га; по четвертому 2,23 т/га; 2,33 т/га; 2,54 т/га; по пятому - 3,18 т/га; 3,25 т/га; 3,21 т/га соответственно (табл. 3).

В целом по опыту наибольший урожай сортов ячменя был в 2012 году и колебался у сорта Нур от 1,58 т/га по пятому до 5,12 т/га по первому сроку посева: у сорта Владимир - 2,09 и 5,53 т/га; у сорта Суздалец - 1,47 и 5,31 т/га соответственно. В среднем за годы исследования по уровню урожайности выделился сорт Владимир - 3,54 т/га. Он превысил сорт Нур на 0,42 т/га и сорт Суздалец на 0,37 т/га.

Таблица 3 – Урожайность сортов ячменя и ее элементы структуры

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сроки  посева (А) | Урожайность, т/га | | | | Средняя урожай­ность за 3 года, т/га | Число продук­тивных стеблей, шт/м2 | Продуктивная кустис­тость, ед. | Масса зерна с растений, г | Масса 1000 зерен, г |
| Года | | | |
| 2011 | 2012 | | 2013 |
| Нур (В)  . | | | | | | | | | |
| I | 4,37 | | 5,12 | 3,95 | 4,49 | 604 | 1,82 | 0,74 | 51,03 |
| II | 4,24 | | 4.96 | 3,77 | 4,33 | 598 | 1,80 | 0,73 | 51,00 |
| III |  | | 3,79 | 2,73 | 3,22 | 486 | 1,73 | 0,67 | 50,36 |
| IV |  | | 2,66 | 1,87 | 2,26 | 448 | 1,66  \_ | 0,48 | 47,23 |
| V | 1.36 | | 1,58 | 0.97 | 1,31  . . . . . | 349 | 1,51 | 0,36 | 44,17 |
| Владимир | | | | | | | | | |
| I | 4,74 | | 5,53 | 4,35 | 4,88 | 663 | 1,88 | 0,76 | 50,68 |
| II | 4,79 | | 5,36 | 4,09 | 4,75 | 639 | 1,86 | 0,75 | 50,31 |
| III | 3,6 | | 4,23 | 3,03 | 3,90 | 524 | 1,79 | 0,71 | 49,77 |
| IV | 2,67 | | 2,87 | 2,11 | 2,55 | 474 | 1,73 | 0,53 | 46,68 |
| V | 1,61 | | 2,09 | 1,17 | 1,63 | 397 | 1,65 | 0,42 | 44,01 |
| Суздалец | | | | | | | | | |
| I | 4,26 | | 5,31 | 4,00 | 4,53 | 628 | 1,80 | 0,72 | 50,17 |
| II | 4,22 | | 5,18 | 3,86 | 4,42 | 619 | 1,80 | 0,72 | 49,88 |
| III | 3,54 | | 4,15 | 2,68 | 3,59 | 506 | 1,76 | 0,70 | 49,76 |
| IV | 2,08 | | 2,34 | 1,54 | 1,99 | 418 | 1,71 | 0,51 | 46,92 |
| V | 1,39 | | 1,47 | 1.08 | 1,32 | 368 | 1,60 | 0,35 | 44,17 |

HCP05,т/га Фактор А 0,27 0,33 0,28

Фактор В 0,24 0,22 0,27

С увеличением уровня минерального питания урожайность зерна повышалась относительно контроля на 0,52-2,61 т/га для сорта Владимир и на 0,51-2,12 т/га сорта Суздалец. Применение подкормки в фазу кущения из расчета N20  увеличивало урожайность сорта Владимир на 2,52 т/га, сорта Суздалец на 2,55 т/га соответственно. Внесение азота дробно из расчета N40+40 уступало по урожайности вариантам полной дозы азота - 80 кг/га и дробного внесения N60+20 кг/га д.в. Окупаемость удобрений является оценкой их эффективности. Относительно контроля она колебалась от 3,2 до 10,5 кг зерна, относительно фона 18,6-25,5 кг зерна. Для сорта Владимир при разовом внесении удобрений окупаемость азота была наибольшей в варианте с дозой N80- 23,4 кг зерна; при дробном из расчета N60+20-25,0 кг зерна. Для сорта Суздалец соответственно: 24,5 кг; 25,5 кг зерна (табл. 4).

Таблица 4- Урожайность сортов (А) ячменя и элементы ее структуры в зависимости от фонов минерального питания (числитель – сорт Владимир, знаменатель – сорт Суздалец)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Фоны питания, кг/га д.в (В) | | | | | | |
| Контроль | P80 К80 | N60P80K80 | N80P80K80 | N100P80 K80 | N60+20P80K80 | N40+40P80 K80 |
| Урожайность, т/га: 2011г  2012г  2013г  Средняя | 2,47/  1,94 | 3,16/  2,43 | 4,33/  4,08 | 4,18/  4,46 | 4,74/  4,50 | 4,99/  4,47 | 5,00/  4,01 |
| 2,61/  2,09 | 3,23/  2,84 | 4,89/  4,49 | 5,31/  5,24 | 5,12/  5,19 | 5,56/  5,39 | 5,84/  4,87 |
| 1,83/  1,68 | 2,10/  1,99 | 3,35/  3,11 | 3,72/  3,44 | 3,23/  3,19 | 3,93/  3,54 | 3,91/  3,21 |
| 2,31/  1,91 | 2,83/  2,42 | 4,19/  3,89 | 4,70/  4,38 | 4,36/  4,30 | 4,83/  4,46 | 4,92/  4,03 |
| Окупаемость фонов, кг |  | 3,2/  3,2 | 9,4/  9,0 | 10,0/  10,2 | 9,3/  9,2 | 10,5/  10,6 | 8,4/  8,8 |
| Азотных удобрений, кг |  |  | 22,7/  24,5 | 23,4/  24,5 | 19,1/  18,8 | 25,0/  25,5 | 18,6/  20,1 |
| Число продуктивных стеблей, шт/м2 | 456/  426 | 524/  504 | 587/  573 | 639/  618 | 634/  620 | 642/  631 | 604/  611 |
| Продуктивная кустистость, ед | 1,52/  1,50 | 1,68/  1,68 | 1,77/  1,79 | 1,86/  1,83 | 1,86/  1,88 | 1,90/  1,86 | 1,89/  1,82 |
| Масса зерна с колоса, г | 0,51/  0,44 | 0,54/  0,48 | 0,71/  0,59 | 0,74/  0,66 | 0,76/  0,65 | 0,78/  0,69 | 0,76/  0,66 |
| Масса 1000 зерен, г | 46,22/  45,16 | 47,01/  46,96 | 49,78/  48,48 | 51,04/  49,97 | 51,04/  49,97 | 51,00/  49,38 | 50,97/  49,19 |

HCP 05,т/га 2011г.: фактор А-0,28, фактор В – 0,31

2012г.: А- 0,30; В- 0,34; 2013г.: А-0,24;В-0,29

На формирование урожайности яровых зерновых культур большое влияние оказали элементы структуры урожая. Наиболее благоприятные условия для формирования густоты продуктивного стеблестоя складывались у сортов ячменя раннем сроке посева и составили у сорта Нур - 598-604, у сорта Владимир - 639-663, у сорта Суздалец- 619-628 шт./м2, что выше, чем на позднем сроке посева, на 255 шт./м2 (42 %), на 266 шт./м2 (40 %), на 260 шт./м2 (41 %) соответственно.

Масса зерна с растений ячменя зависела от сроков посева и сортовых особенностей. Лучшие условия для формирования продуктивности колоса складывались при ранних сроках посева. Так, масса зерна с растения у сорта Нур при раннем сроке составила 0,73-0,74 г, у сорта Владимир - 0,75-0,76 г, у сорта Суздалец 0,72 г. Третий срок посева снижал этот показатель на 10%, (8%), (4%); четвертый на 36 %, 33 %, 31 %; пятый на 51 %, 45 %, 52 % соответственно.

Масса 1000 зерен - наиболее важный элемент структуры, который является качественной и количественной оценкой урожая. В целом по опыту, масса 1000 зерен составила для сорта Нур 47,60 г; у сорта Владимир — 47,06, у сорта Суздалец – 47,17г. Наибольшие показатели по массе 1000 зерен получены при ранних сроках посева и составили у сорта Нур 51,00-51,03 г; у сорта Владимир - 50,31-50,68 г; у сорта Суздалец - 49,88-50,17 г. Поздние сроки посева снижали этот показатель на 6,86 г, 6,30 г, 6,0 г соответственно.

Фоны минерального питания оказали влияние на формирование элементов структуры урожая. Так, с увеличением уровня азотного питания число продуктивных стеблей увеличивалось у сорта Владимир на 14-40 %, у сорта Суздалец на 18-54 %, а продуктивная кустистость на 20-22 %. Наибольший продуктивный стеблестой был при дробном внесении азота (N60+20) и составил у сорта Владимир 642 шт/м2 , у сорта Суздалец 631 шт/м2. Масса зерна с колоса увеличивалась относительно контроля на 0,03 (6 %) - 0,27 (43 %) у сорта Владимир и на 0,04 (7 %) - 25 (40 %) у сорта Суздалец.

Урожайность ячменя Владимир составила в среднем 4,14 т га (табл. 5). Наиболее высокой она была по озимым - 4,61 т/га, самой низкой - по ячменю - 2,84 т/га. Существенных различий в урожайности ячменя по пропашным, занятому пару и многолетним травам не наблюдалось.

Таблица 5 – Влияние предшественников на урожайность ячменя сорта Владимир, т/га.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Предшественник | 2011 | 2012 | 2013 | Средняя |
| Озимые | 4,74 | 4,81 | 4,29 | 4,61 |
| Пропашные | 4,51 | 4,97 | 3,76 | 4,41 |
| Занятый пар | 4,68 | 4,73 | 4,06 | 4,49 |
| Многолетние травы | 4,47 | 4,62 | 3,97 | 4,35 |
| Ячмень | 2,96 | 3,09 | 2,47 | 2,84 |

**Физико-химические и технологические показатели качества зерна.** Требования, предъявляемые к пивоваренному ячменю, основаны на физических, химических и технологических свойствах зерна. Пленчатость - это один из важных показателей качества ячменя для пивоварения.

Установлено, что меньший процент цветковых пленок содержался на раннем сроке посева и составил для сортов Нур - 8,83 %; Владимир – 8,76 %, Суздалец – 8,64 %. На поздних сроках посева пленчатость зерна ячменя повышалась более чем на 1,3-2,0. Применение фонов минерального питания снизило содержание пленок на 0.13-0,53 % у сорта Владимир и на 0.05-0,70 % у сорта Суздалец.

В зависимости от сроков посева выравненность зерна на раннем сроке для сортов ячменя была выше относительно позднего срока посева на 14-19 % и составила по сорту Нур 90-91 %, Владимир - 94 %, Суздалец – 90 %. С увеличением уровня минерального питания до N80 P80 K80  кг/га выравненность увеличивалась относительно контроля на 9 % у сорта Владимир и на 6 % у сорта Суздалец.

В целом по опыту у сорта Владимир выравненность зерна в среднем была выше сорта Нур на 1-3 %, сорта Суздалец на 2-4 %. Наиболее высокие показатели по прорастаемости были на первом и втором сева и составили 95-96 %, что соответствует первой степени согласно установленного критерия, на позднем сроке прорастаемость снижалась на 5-8 % и соответствовала третьей степени.

Натура зерна - наиболее надежный показатель его добротности. Высокая натура была отмечена при ранних сроках посева и соответствовала 663-674 г/л для сорта Нур; 667-685 г/л для сорта Владимир; 676-678 г/л для сорта Суздалец. Поздние сроки посева снижали этот показатель на 52 г/л, 38 г/л, 32 г/л соответственно.

Применение полного сочетания минеральных удобрений способствовало увеличению натуры относительно контроля на 33-34 г/л по обоим сортам.

По величине натуры все сорта соответствовали первой и второй категориям и пригодны для пивоварения и на крупяные цели. У сорта Владимир натура была несколько выше, чем у сорта Нур (на 8-10 г/л) и у сорта Суздалец (на 7-9 г/л).

Белок является одним из важнейших показателей при оценке качества зерна. Содержание белка колебалось у сорта Нур от 11,56 до 12,04 %; у сорта Владимир от 11,00 % до 11,68 %; у сорта Суздалец от 10,17 до 11,12 %. Наименьшее содержание белка в зерне ячменя отмечалось на ранних сроках посева, а наибольшее - при поздних. Так по сорту Нур оно составило 11,00-11,02 % при ранних и 11,89-12,04 % при поздних сроках посева; по сорту Владимир 10,77-10,80 %, 11,34-11,68 %; по сорту Суздалец 10,17-10,91 %, 10,76-11,12 % соответственно (табл. 6). Зерно с ранних сроков посева можно использовать на пивоваренные цели по всем изучаемым сортам.

Содержание белка в зерне сортов ячменя в зависимости от уровня минерального питания колебалось от 10,85 до 11,12 % у сорта Владимир и от 10,64 до 10,88 % у сорта Суздалец. Наибольшее оно было на контроле и при дробном внесении азота (10,86 %; 11,12 %).

Наиболее высокие показатели по содержанию крахмала и экстракту у сортов ячменя были отмечены на раннем сроке посева 56,85-59,29 % и 75,09 - 78,34 %. На втором сроке посева содержание крахмала снижалось незначительно на 0,13-1,74 %, а на поздних до 2-3 % и более.

По содержанию крахмала и экстракта выделился сорт Суздалец. Он превысил сорт Нур на 2,44 %; 3,25 %; сорт Владимир на 0,24%; 1,26 % соответственно. По пригодности на пивоваренные цели выделились сорта Суздалец и Владимир. Сорт Нур формирует такое зерно лишь при ранних сроках посева.

По химическому составу зольных веществ, все изучаемые сорта пригодны на использовании их в крупяной промышленности (ячневая и перловая крупы).

Таблица 6 – Физико-химические и технологические показатели качества зерна ячменя в зависимости от сорта и срока посева.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сроки  посева | Показатели | | | | | | | | | |
| Нату­ра, г/л | | Пленчатость, % | | Вырав­нен­ность, % | Энергия  прорастания,% | Крахмал, % | | Экстрак­тивность,  % | Белок,  % |
| Нур | | | | | | | | | | |
| I | | 674 | | 8,83 | 91 | 96 | 56,85 | | 75,09 | 11,02 |
| II | | 663 | | 8,86 | 90 | 95 | 55,11 | | 75,00 | 11,00 |
| III | | 650 | | 8,94 | 83 | 92 | 54,37 | | 74,49 | 11,39 |
| IV | | 638 | | 9,08 | 78 | 89 | 54,06 | | 72,14 | 11,89 |
| V | | 622 | | 9,13 | 76 | 89 | 53,79 | | 70,13 | 12,04 |
| Владимир | | | | | | | | | | |
| I | | 685 | | 8,76 | 94 | 97 | 58,77 | | 76,33 | 10,77 |
| II | | 676 | | 8,76 | 94 | 96 | 58,64 | | 76,68 | 10,80 |
| III | | 667 | | 8,83 | 84 | 92 | 58,32 | | 75,33 | 11,00 |
| IV | | 654 | | 8,91 | 79 | 90 | 57,82 | | 74,09 | 11,34 |
| V | | 637 | | 8,98 | 75 | 88 | 57,04 | | 73,24 | 11,68 |
| Суздалец | | | | | | | | | | |
| I | | 678 | | 8,64 | 90 | 96 | 59,29 | | 78,34 | 10,17 |
| II | | 676 | | 8,70 | 90 | 96 | 59,13 | | 78,09 | 10,31 |
| III | | 658 | | 8,77 | 84 | 90 | 58,76 | | 77,77 | 10,66 |
| IV | | 650 | | 8,94 | 80 | 88 | 58,17 | | 75,93 | 10,76 |
| V | | 646 | | 9,07 | 74 | 86 | | 57,11 | 74,49 | 11,12 |

**Энергетическая и экономическая оценка изучаемых агроприемов.**

Анализ показателей энергетической эффективности возделывания сортов ячменя выявил, что основные затраты приходятся на применение удобрений -36 %, горюче-смазочные материалы - 22 %, семена - 7 %, машины и оборудование - 8% и др. Причем увеличение затрат на поздних сроках посева и идет в основном за счет расхода топлива и работы сельскохозяйственных машин (табл. 7).

Наилучшие показатели эффективности были получены при ранних сроках посева. Так, коэффициент энергетической эффективности для сортов Нур и Суздалец составил 2,7, для сорта Владимир - 3,0; чистый энергодоход - 54,0; 54.6; 60,3 Дж/га соответственно. Экономические показатели по уровню рентабельности и чистому доходу на этих вариантах составили 16-29 %; 1,4-2,7 тыс. рублей соответственно.

Таблица 7 – Энергетическая и экономическая эффективность возделывания ячменя.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сорт | Сроки  сева | Получено энергии с урожаем, ГДж/га\* | Чистый  энергодо­ход  ГДж/га\* | Коэффициент энергетиче­ской эф­фективности\* | Энергетическая себестоимость зерна, Дж/т |
| Нур | I | 73,9/155,1 | 54,0/135,2 | 2,7/6,8 | 4,4 |
| III | 53,0/111,2 | 32,7/90,9 | 1,6/4,5 | 6,3 |
| V | 21,5/45,2 | 1,0/24,7 | 0,0/1,2 | 15,6 |
| Владимир | I | 80,3/168,6 | 60,3/148,6 | 3,0/7,4 | 4,4 |
| III | 64,2/134,7 | 43,8/114,3 | 2,1/5,6 | 5,3 |
| V | 26,8/56,3 | 6,2/35,7 | 0,3/1,7 | 12,6 |
| Суздалец | I | 74,5/156,5 | 54,6/136,6 | 2,7/6,9 | 4,4 |
| III | 59,1/124,0 | 38,7/103,6 | 1,9/5,1 | 5,7 |
| V | 21,7/45,6 | 1,2/25,1 | 0,1/1,2 | 15,5 |

\*Числитель – основная продукция, знаменатель – основная и побочная продукция.

Наиболее оправданным оказалось выращивание сортов ячменя на фонах питания N80 P80 K80 и N60+20 P80 K80, что позволило получить наибольший коэффициент энергетической эффективности, превысивший значение контроля на 3 - 13 %. Уровень рентабельности в опыте колебался от 3,2 до 96,2%, наибольшим он был у сорта Владимир при первом сроке плосева.

При размещении ячменя по озимым зерновым получена наименьшая энергетическая себестоимость зерна 8,6 ГДж/т. Наибольшим этот показатель оказался при выращивании ячменя после ячменя – 10,4 ГДж/т. Коэффициент энергетической эффективности по всем предшественникам составил 3 - 3,2; на ячмене снизился до 2,5 ГДж/т (на 22%).

**Оценка возможных потерь.** Для исследуемых агроприемов и возможных состояний природы были рассчитаны возможные потери, которые мы понесем в каждом случае и на основании этих расчетов составлена матрица потерь. Затем были оценены средние потери по каждому агроприему и принято решение, при котором они наименьшие (Байесовское решение).

Наибольшие средние потери имели место при посеве ячменя в третий срок. При этом сроке посева потери на повышенном и умеренном фонах существенно не различаются. Из этого следует вывод, что при недостатке в хозяйстве оборотных средств и запаздывании с посевом нецелесообразно применять высокие дозы удобрений (табл. 8).

Таблица 8 - Матрица потерь изучаемых агроприемов выращивания ячменя

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Годы | Априорная вероятность | Срок посева 1 | | | Срок посева 3 | | |
| Фоны питания | | | | | |
| N60 P80 K80 | N100 P80 K80 | N60+20 P80 K80 | N60 P80 K80 | N100 P80 K80 | N60+20 P80 K80 |
| Сухой | 0,25 | - | -114 | -139 | 713 | 30 | 15 |
| Влажный | 0,75 | -104 | -433 | -701 | 2718 | 90 | 30 |
| Средние потери | | -104 | -587 | -840 | 3431 | 120 | 45 |

**Расход сырья и выход товарного пива в зависимости от изучаемых агроприемов**

Проведенная нами качественная оценка зерна сортов ячменя позволяет нам рассчитать выход готового (товарного) пива. Технологический процесс состоит из следующих операций: прием, хранение, очистка (полировка) и дробление солода, получение пивного сусла, осветление и розлив пива в бутылки, бочки, кеги, автотермоцистерны. (Приложение Б)

В наших исследованиях выход солода и соответственно товарного пива зависел от изучаемых агроприемов. Наиболее пригодным для производства солода и соответственно пива было зерно с нормой высева 5-6 млн.шт./га с внесением минеральных удобрений на получение 3,5 -4,5 ц/га.

В наших исследованиях выход солода и соответственно товарного пива зависел как от изучаемых агроприемов так и от сорта ячменя.

Таблица 9 - Выход солода и товарного пива в зависимости от уровня минерального питания сорта Владимир

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фоны минерального питания | Показатели | | | | | | |
| Солод светлый | | Сусло горячее | Сусло холодное | Пиво молодое | Пиво не фильтрованное | Пиво товарное |
| Контроль | | | | | | | |
| Выход: | 1,25 | 7,07 | | 6,64 | 6,49 | 6,43 | 6,39 |
| с 1 га, т |
| на 100 кг солода, кг | 100 | 566,37 | | 532,39 | 520,14 | 514,94 | 512,37 |
| на 1 дал пива, кг | 1,95 | 11,05 | | 10,39 | 10,15 | 10,05 | 10 |
| N80 P80 K80 | | | | | | | |
| Выход: | `1,58 | 9,06 | | 8,52 | 8,32 | 8,24 | 8,20 |
| с 1 га, т |
| на 100 кг солода, кг | 100 | 572,23 | | 537,90 | 525,53 | 520,27 | 517,67 |
| на 1 дал пива, кг | 1,93 | 11,05 | | 10,39 | 10,15 | 10,05 | 10 |
| N100 P80 K80 | | | | | | | |
| Выход: | 3,30 | 19,20 | | 18,05 | 17,63 | 17,46 | 17,37 |
| с 1 га, т |
| на 100 кг солода, кг | 100 | 581,07 | | 546,21 | 533,64 | 528,31 | 525,67 |
| на 1 дал пива, кг | 1,90 | 11,05 | | 10,39 | 10,15 | 10,05 | 10 |

Наиболее пригодным для производства солода и соответственно пива было зерно, полученное на ранних сроках с внесением минеральных удобрений. Для большей наглядности мы привели расчеты по получению товарного пива из ячменя сорта Владимир в зависимости от нормы внесенных минеральных удобрений.

Исследования показали, что применение минеральных удобрений позволило увеличить выход солода с единицы площади относительно контролю. Так выход пива при дозе N100 P80 K80 увеличился по сравнению с контролем на 11,34 кг.

**Особенности спецификации основных технологических процессов производства спирта из зерна ячменя**

В Центральном регионе РФ перерабатывающим сырьём на спиртовые цели является зерно озимой ржи и озимой пшеницы. В тоже время зерно пшеницы является основным сырьем в хлебопекарной промышленности и в ценовом эквиваленте за тонну зерна дороже ячменя на 2000 рублей, тритикале и озимой ржи на 3000 рублей.

В тоже время, в отличие от пшеницы ячмень является трудносбраживаемым сырьём, что связано с ухудшением реологического поведения ячменной массы при разваривании и дальнейшими проблемами её переработки. Для предотвращения увеличения вязкости массы и её налипания на стенках технологического оборудования и коммуникациях на данном предприятии мы произвели усовершенствование элементов технологии переработки зерна ячменя.

Нами в процессе измельчения для определения возможности приготовления хорошо подвижных сред предложена степень помола исследуемых образцов зерна с 90 %-ным проходом через сито диаметром ячеек 1 мм. Так как при переработке зерна наличие мелких частиц в помоле зерна приводило к переварам их по жесткой схеме (с использованием высокого давления), а крупных – к недоварам по мягкой (водно-тепловая обработка при температурах до 1000 С.

Технология производства этилового спирта из крахмалистого сырья -(ячменя) основана на ферментационном гидролизе зернового крахмала, прошедшего водно-тепловую обработку, и сбраживании образующихся сахаров дрожжами.

Производство спирта с непрерывным развариванием зернового сырья на заводе осуществляется по схеме с использованием двух амилолитических ферментных препаратов на стадии осахаривания и при циклическом процессе сбраживания сусла дрожжами.

Процесс производства спирта включает основные стадии (рис. 2):

* очистка и подготовка зерна;
* тепловая обработка (разваривание);
* осахаривание разваренной массы ферментными препаратами альфа- амилазы и глюко-амилазы;
* приготовление дрожжей и сбраживание сусла;
* брагоректификация.

Итак, зерно со склада после взвешивания автоматическими весами-дозаторами пневмотранспортом подается в производственный бункер, откуда с помощью норий, шнековых транспортеров подается на магнитный сепаратор, автоматические весы-дозаторы, на молотковую дробилку, вальцевую мельницу.Зерно на дробилке измельчают до прохода частиц через сито с отверстиями 1 мм - 32-40 %. Затем измельченный продукт поступает на вальцевый станок, где измельчается до прохода частиц через сито 1 мм - 90 %.

Измельченное зерно непрерывно подается в 1-ый отсек смесителя- предразварника, туда же одновременно дозатором подается необходимое количество воды. Для приготовления замеса на 1 кг размолотого зерна, в зависимости от его крахмалистости, бралось от 2,5 до 3 литров воды. Концентрация сухих веществ в сусле составляла 18-20 %.

Температура замеса в смесителе за счет подачи воды поддерживалась на уровне 40-50 °С в течение 10-12 мин. при постоянном перемешивании, а в предразварнике (во 2-ом отсеке) замес нагревался вторичным паром до 60-65 °С, выдерживался 6-7 мин.

Из смесителя - предразварника масса подавалась на контактную головку для подогрева острым паром до температуры разваривания 135-150 °С. Далее замес поступал в агрегат непрерывного разваривания производительностью 1700-2000 дал спирта в сутки.

Существуют две схемы непрерывного разваривания: Чемерская и Мичуринская. На СОАО «Бахус» спиртовом заводе «Пискарихинский» применяется Мичуринская схема непрерывного разваривания крахмалосодержащего сырья, которая включала:

* вертикальную колонну первой ступени усовершенствованной конструкции объемом 9,6 м3 (без полок, с центральной трубой, с подачей замеса в верхнюю часть аппарата на распределительную воронку, а пара - в нижнюю часть аппарата через щелевой парораспределитель);
* три колонны второй ступени, выполненные в виде полых сосудов- выдерживателей, объемом 2,85 м3 каждая;
* выдерживатель для отделения вторичного пара, охлаждения и выдерживания разваренной массы. (табл.10)

Качество разваривания мы определяли по цвету, запаху массы, выдуваемой в выдерживатель-паросепаратор (цвет нормально сваренной массы может изменяться от темно-желтого до светло-коричневого; при промывании пробы массы на сите с отверстиями 1,5 мм не должно быть частиц непроваренного крахмала).

Таблица 10 – Режимы разваривания ячменя в агрегате

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сырье | Степень измельчения, проход частиц через сито 1мм, % | Режим разваривания | |
| Температура, 0С | Продолжительность, мин |
| Зерно ячменя | 87-90 | 135-140 | 50-60 |

Из выдерживателя-паросепаратора масса после отделения вторичного пара через 30-40 мин. с температурой 104-108 °С отводится в испарительную камеру, где за счет вакуума, создаваемого конденсатором и вакуум-насосом, она мгновенно охлаждается под разряжением 0,081 МПа до температуры 62°С, затем охлажденную массу отводили в осахариватель и смешивали с осахаривающим материалом.

Нами установлено, что для получения подвижной массы из ячменя с концентрацией растворимых сухих веществ 16-18 % недостаточно механического воздействия (измельчения). В связи с этим для определения образования вязкости в процессе водно-тепловой обработки зерна ячменя необходимо проанализировать его химический состав.

Так, содержание крахмала в зерне колебалось в пределах 51,13-52,00 %, а также в зерне ячменя содержалось повышенное количество сахаров (4-6 %).

|  |
| --- |
| **Зерно** |

Отходы

|  |
| --- |
| **Приемка** |

|  |
| --- |
| **Очистка** |

|  |
| --- |
| **Хранение** |

Мойка и отходы

|  |
| --- |
| **Мойка**  Вода |

|  |
| --- |
| **Измельчение** |

Вода

|  |
| --- |
| **Приготовление**  **замеса**  Замес  Экстрапар  α - амилаза |

|  |
| --- |
| **Разваривание сырья**  Пар |

Разваренная масса

|  |
| --- |
| **Охлаждение**  **разваренной массы** |

Вода

Вода

Осахаривающие материалы

Несконденсированные газы

|  |
| --- |
| **Осахаривание**  **разваренной массы**  Пар  Чистая кульльура |

Кислота

Сусло

Вода

|  |
| --- |
| **Охлаждение сусла** |

|  |
| --- |
| **Приготовление дрожжей**  CO2  Вода  Вода |

Засевные дрожжи

|  |
| --- |
| **Спиртовое брожение**  Вода  **сусла**  СО2 |

Лютерная вода

Производственные дрожжи

|  |
| --- |
| **Возбраживание**  Конденсат пара  **сусла**  Вода  Зрелая бражка |
| **Перегонка зрелой бражки**  Барда  Пар |

Вода

Спиртовая примесь (Э.А.Ф.)-эфир – альдегидная фракция

Сивушное масло

Спирт - ретификат

Рисунок 2 – Схема производства спирта

Содержание клетчатки и гемицеллюлоз в зерне ячменя непостоянно и колеблется в широких пределах. Так, в наших исследованиях содержание гемицеллюлозы составляет 7,5-11,0 %, клетчатки - 1,6-2,7 % (на сухое вещество).

**С целью улучшения реологического поведения полупродуктов**, полученных при использовании помола исследуемых образцов, **мы использовали ферментные препараты дополнительного действия, позволяющие разрушать межмолекулярные связи зерна** – Глюкозима Л-400С, Амилосубтилина ГЗх, Ликвамил 1200.(Приложение В)

При использовании концентрированных (Глюкозим Л-400С, Ликвамил 1200) и сухих (Амилосубтилин ГЗх) ферментных препаратов альфа-амилазы и глюкоамилазы из них готовили в отдельном сборнике растворы (соотношение препарата: вода 1:10 и 1:50). Применяли Амилосубтилин ГЗх следующим образом: препарат вносили в смеситель, снабженный мешалкой, где он смешивался с водой из расчета 30-50 л на 1 кг препарата, температура воды 38-40 °С. Смесь хорошо перемешивали, чтобы не оставалось комочков сухого препарата, выдерживали 15-30 минут и подавали на осахаривание.

Для осахаривания крахмала разваренной массы концентрированный препарат Глюкозим Л-400С разводили водой в 10 раз. Раствор Глюкозима Л-400С задавали вручную через спускную линию непосредственно в осахариватель каждые 30 минут.

Раствор ферментных препаратов подавали непосредственно в зону подачи массы, что обеспечило эффективное смешивание осахариваюшего материала с разваренной массой и равномерное его распределение по объему.

Раствор Ликвамила 1200 - разводили водой в 10 раз. Этот раствор использовали в течение 8 часов и он подавался непрерывно в осахаритель через дозатор.

Нами на заводе применялось усовершенствованное двухступенчатое I вакуум-охлаждение с промежуточным осахариванием.

При двухступечатом вакуум-охлаждении температура разваренной массы, поступающей из паросепаратора (выдерживателя), снижалась с 102-108° до 25-22 °С за счет вакуума, создаваемого в испарительных камерах I и II ступени. Охлаждение разваренной массы и сусла через поверхности теплообмена полностью исключается. Весь процесс охлаждения происходил в замкнутой системе.

Производство спирта этилового ректификационного осуществлялось на четырехколонной брагоректификационной установке косвенного действия, производственной мощностью 2000 дал б. с. в сутки.

Брагоректификационная установка включает в состав: бражную, эпюрационную, ректификационную колонны и колонну окончательной очистки. (рис 3)

Назначение бражной колонны - отгонка из бражки спирта с получением при этом бражного дистиллята с сопутствующими примесями.

В эпюрационной колонне из бражного дистиллята выделяются головные примеси спирта, а при работе с гидроселекцией выводятся и промежуточные примеси.

В ректификационной колонне осуществляется концентрирование и дополнительная очистка этилового спирта, выделение компонентов сивушного масла.

В колонне окончательной очистки производится доочистка ректификованного спирта от метанола и сопутствующих ему примесей.

Зрелая бражка из бродильного отделения насосом подавалась в подогреватели бражки, где нагревалась теплом конденсации водно-спиртовых паров бражной колонны до температуры от 70 до 75 °С.

Выделенный из бражки спирт, с сопутствующими ему примесями, в виде водно-спиртовых паров поступал последовательно через пеноловушку, в подогреватели бражки, водяную секцию и конденсатор. Несконденсировавшиеся пары из конденсатора направлялись в спиртоловушку эфирную, где происходит их полная конденсация. Спиртоловушка через огневой преградитель связана с атмосферой.

Особенностью технологического процесса является то, что мы при получении спирта «Люкс» в эпюрационную колонну (32-ая тарелка) подавали умягченную воду – режим гидроселекции. Количество подаваемой воды мы регулировали ротаметром, с таким учетом, чтобы объемная доля этилового спирта в эпюрате была от 15 до 25 %.

СО2

Бражка

|  |
| --- |
| 1. **Перегонка бражки** |

Пар

Эпюрация

Барда

пар

|  |
| --- |
| 1. **Эпюрация** |

Промежуточная фракция

Эпюрат

Вода на гидроселекцию

Фракция головная этилового спирта

|  |
| --- |
| 1. **Ректификация**   Сивушные масла  Спирт  Промежуточная  Пар |

В атмосферу

Непастеризованный

Пар

|  |
| --- |
| 1. **Доочистка** |

Спирт улучшенный

Конденсат пара

Рисунок 3 – Технологическая схема производства спирта

Колонна окончательной очистки предназначена для выделения из ректификованного спирта остатка головных примесей. Колонна питается пастеризованным спиртом, обработанным с одной из тарелок ректификационной колонны. Она имеет 30 многоколпачковых тарелок.

На основании исследований нами были произведен расчет выхода спирта по усовершенствованной схеме. Крахмал является основным показателем в процессе производства спирта. Наиболее высокий выход спирта из 1 тонны крахмала, полученного из картофеля (таблица 11). Но если учитывать содержание крахмала в зерне (42-56%) и картофеле (13-18%), то наиболее высокие показатели выхода спирта при разных способах его производства получено.

Таблица 11 – Выход спирта из 1 тонны крахмала, дал

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сырье | Способ производства | | |
| периодический | полунепрерывный | непрерывный |
| Картофель | 64,7 | 65,0 | 65,7 |
| Тритикале | 63,2 | 64 | 64,1 |
| Рожь | 62,9 | 63,2 | 63,9 |
| Пшеница | 63,7 | 64,0 | 64,7 |
| Ячмень | 62,4 | 62,7 | 63,4 |
| Овес | 61,8 | 62,1 | 62,8 |

Приведенные в таблице нормы выхода спирта распространяются на пе-риодический и непрерывный способы производства спирта из мелассы и на любой из зерно-картофельного сырья с учетом надбавок на герметическое закрытие бродильных аппаратов и установку спиртоловушек.

На примере озимой ячменя Владимир , лабораторный анализ зерна показал, что содержание крахмала зависит не только от климатических условий, но в большей степени определяется уровнем азотного питания (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние минеральных удобрений на урожайность, содержание крахмала, расход зерна и выход спирта ячменя Владимир (ООО «Восток»)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Уровень минерального питания, д.в-ва /га | Урожайность, т/га  2013 | Содержание крахмала, % | Расход зерна на 100 дал, кг | Выход спирта, дал | |
| Мичуринская схема | |
| стандарт | усовершенствованная |
| Контроль (без удобрений) | 1,83 | 42,26 | 3612,51 | 27,59 | 27,87 |
| Фон – P80K80 | 2,10 | 42,36 | 3108,40 | 29,76 | 28,31 |
| Фон +N60 | 3,35 | 47,30 | 3185,85 | 30,19 | 31,20 |
| Фон +N80 | 3,66 | 48,70 | 3514,85 | 30,91 | 31,10 |
| Фон +N100 | 3,61 | 46,45 | 3534,29 | 28,99 | 29,12 |
| Фон+N60+20 (кущение) | 4,11 | 50,75 | 3010,61 | 31,96 | 33,02 |
| Фон+N40+40 (кущение) | 4,20 | 50,97 | 3017,91 | 32,17 | 33,39 |

Таким образом, учитывая тенденцию в спиртовой промышленности переработка значительного количества зерна ячменя, гидролиз некрахмалистых полисахаридов (слизи, гумми, гемицеллюлозы) и белковых веществ, содержащихся в данной культуре, а также выбор оптимальных условий помола зерна приобретает необходимость применения усовершенствованной схемы производства спирта.

В связи с особенностями химического состава ржи для обеспечения протеолитического и цитолитического его расщепления необходимо применение ферментных препаратов, источников протеазы и целлюлазы с подбором индивидуальной схемы переработки зерна в условиях региона.

Разрушение белково-углеводного комплекса, а также использование новых сортов с интенсивной технологией возделывания позволит значительно увеличить коэффициент использования зернового сырья, улучшит её технологичность и снизит вязкость перерабатываемой массы. Помимо этого продукты гидролиза белковых веществ зерна обеспечат дрожжевые клетки дополнительным азотистым питанием, что снизит расходы на применение дополнительных ферментных препаратов и сред.

Проведённые исследования позволяют сделать следующие рекомендации производству:

1. В условиях Центрального региона России на дерново- подзолистых, среднесуглинистых, среднеокультуренных почвах новые сорта ярового ячменя Нур, Владимир, Суздалец обладают высокой экологической пластичностью, пригодны на пивоваренные цели и способны формировать урожайность зерна на уровне 3,59-4,88

2. Наибольший выход спирта был при ранних сроках посева(конец апреля – начало мая), по фону при дробном внесении азотных удобрений N60+20 , N40+40 и по предшественникам озимые и занятый пар (31,96;33,32 дал соответственно).

3. Посев высокоурожайных сортов ячменя Владимир, Нур, Суздалец необходимо проводить в ранние сроки и по предшественникам озимые, занятый пар, пропашные, на повышенном, и интенсивном фонах минерального питания.

4. Для получения зерна, отвечающего требованиям пивоваренной и ликеро-водочной промышленности, посев сорта Владимир проводить ранние сроки посева с внесением минеральных удобрений из расчета N80 P80 K80 кг/га д.в.

5. По комплексу физико-химических и технологических показателей, пригодных при производстве пива, выделяется сорт Владимир, где выход товарного пива со 100 дал солода составляет525,67 кг, что выше, чем по сорту Нур на 7% и по сорту Суздалец на 9%

6. Применять усовершенствованную схему производства спирта с помолом зерна с 90% -ым проходом через сито диаметром ячеек 1 мм, умягченной водой и ферментативными препаратами дополнительного действия Глюкозим Л- 400С, Амилосубтилина ГЗх, Ликвамил 1200.

**Приложение**

Приложение А

**Методика проведения полевых опытов и лабораторных исследований**

1. Фенологические наблюдения за развитием ярового ячменя проводились по всем вариантам опытов по методике Госсортиспытания. Начало фазы отмечалось в тот момент, когда 10-15 % растений делянки вступило в нее, а полная, когда она наблюдалась у 75% растений.
2. Густота стояния растений определялась во время полных всходов и перед уборкой, она учитывалась на постоянных площадках 0,25 м2 в 4-х кратной повторности.
3. Определение площади листьев проводились по методике высечек в 3-х кратной повторности. Площадь листьев рассчитывали по формуле:

,

Где S – общая площадь листьев в пробе(см2)

S1 – площадь одной высечки(см2)

р- общая масса листьев в пробе(г)

p1- масса одной высечки (г)

n – число высечек

1. Динамика накопления сухого вещества определялась через каждые 10-11 дней, начиная с фазы кущения. Для этого с каждого варианта опыта в 2-х кратной повторности брали пробы по 25 растений. После обрезки корней пробы взвешивались. Из них в 4-х кратной повторности брали навески, высушивали их при температуре 1050С до постоянной массы. Затем делали пересчет веса пробы на сухое вещество. Здесь же определяли высоту растений.
2. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывалась по формуле Кидда, Веста и Бриггса, г/м2\*дней:

ЧПФ= (В2 -В1)/0,5\*n\*( Л1 +Л2),

В1 и В2 – сухая массапроб в начале и в конце учетного периода(г);Л1 и Л2 – площадь проб листьев в начале и конце периода(м2), n – число дней в учетном периоде.

1. Фотосинтетический потенциал посевов (ФПП) определяли методом, предложенным А.А. Ничипоровичем(1972):

ФПП = Т1\*(Л1 +Л2)/2+Т2 \*(Л2 +Л3)/2 +..+Тn \*(Лn +Лn+1 )/2,

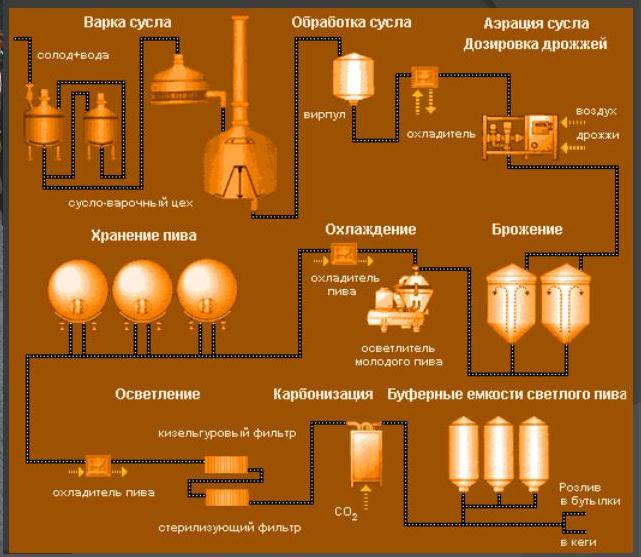
где ФПП – фотосинтетический потенциал посевов, тыс.м2\*дн./га;

Л1,Л2, Л3, Лn +Лn+1 – площадь листьев в начале и конце периода, тыс. м2/га;

Т1,Т2,Тn – продолжительность периода,дней.

1. Урожай зерна учитывался методом отдельного взвешивания по каждому варианту и повторности с последующим пересчетом на стандартную влажность(14%) и 100 % чистоту.
2. Анализ структуры урожая проводили по общепринятой методике Госсортиспытания (1989).
3. Содержание общего азота в растениях по фазам их развития определяли по Къендалю, фосфора – по Гинзбургу и Щегловой на фотоэлектрокалориметре, калий – по Масловой и Чернышевой на пламенном фотометре.
4. В почвенных образцах определяли: гумус - по Тюрину; азот легкогидролизуемый – по Тюрину и Кононовой; рН солевой вытяжки, гидролитическую кислотность – по Каппену и Гильковицу; подвижный Р2О5 и обменный К2О – по Кирсанову.
5. Влажность почвы определяли по фазам развития растений в слое 0 – 20 и 20-40 см термостатно – весовым методом.
6. Объемная масса зерна(натура) определялась на литровой пурке по ГОСТ 10840-64.
7. Пленчатость по Непомнящей.
8. Содержание крахмала по ГОСТ 10845 -98.
9. Экстрактивность по ГОСТ 12136 – 77.
10. Масса 1000 зерен по ГОСТ 10842 – 76.
11. Лабораторная всхожесть по ГОСТ 12038 – 84.
12. Энергия и способность прорастания по ГОСТ 10968 – 88.
13. Белок в зерне по ГОСТ 10846 – 91.
14. Энергетическая оценка по методическим рекомендациям Г.С. Посыпанова, В.Е. Долгодворова (1995).

Приложение Б

**Технологический процесс производства пива** 

Приложение В

**Расчёт продуктов производства спирта в зависимости от изучаемых**

**агроприемов**

Исходя из полученных данных опытов в условиях производственной лаборатории СОАО «Бахус» спиртзавод «Пискарихинский» были проведены исследования по выходу спирта этилового пищевого класса «Люкс» и расходу вспомогательного сырья в зависимости от содержания крахмала в яровом ячмене Владимир. Переработка зерна проводилась в 2011-2013 гг. Ниже приведен пример расчета выхода спирта и расходу вспомогательного сырья ярового ячменя Владимир урожая 2012 года

Исходные данные:

1. сырье, поступающее на разваривание, ячмень крахмалистостью 51,55 %, влажностью 14,0%;

2. степень измельчения ячменя не менее 87-90 %, проход через сито 1мм;

3. осахаривающие материалы:

Амилосубтилин ГЗХ (массовая доля сухих веществ 92 %, амилоли- тическая активность АС 1000 ед./г, расход по АС - 2 ед./г условного крахмала.

Ликвамил 1200 С (активность 2500 ед. АС/см3, расход по АС 1,0 ед. активности/г крахмала).

Выход спирта из 1 т условного крахмала ячменя при работе по непрерывной схеме производства составил: 64,8 + 0,7 = 65,5 дал,

где 65,5 - нормативный выход спирта из 1 т условного крахмала ячменя, дал;

0,7 - надбавка к выходу спирта из 1 т условного крахмала при замене солода ферментными препаратами, дал.

Расчет производили на 100 дал спирта.

Крахмал. Расход крахмала для получения 100 дал спирта.

С ячменем, поступающим на разваривание, вводили крахмал:

Зерно. Расход ячменя на разваривание для получения 100 дал спирта составил:

где 51,55 - крахмалистость ячменя Владимир (2012 г.), %

Замес. Расход теплой воды, поступившей на приготовление замеса в смесителе: 2961,59 х 3,0 = 8884,77 кг

Общее количество замеса: 2961,59 + 8884,77= 11846,36 кг

Всего сухих веществ содержалось в замесе:

Теплоемкость замеса: Сзам. = Ссух в.в х 0,25 + Свода х 0,75 = 1,5 кДж/(кг- град) х 0,25 + 4,2 кДж/(кг- град) х 0,75 = 0,375 + 3,15 = 3,52 кДж/(кг- град)

Разваривание. Расход острого пара под давлением 0,6 МПа на нагрев замеса в контактной головке от температуры 40-45 °С до 138 °С:

где 138 - температура замеса в контактной головке, °С;

2756,2 - теплосодержание пара при давлении 0,6 МПа, кДж/(кг- град);

652.4 - теплосодержание конденсата пара при 138 °С, кДж/кг.

Количество массы, выходящей из варочного аппарата составило:

Сепарация пара. Количество вторичного пара, выделяющегося в вы держивателе-паросепараторе:

где 103,74 - температура вторичного пара при давлении 0,04 МПа, °С;

2644,4 - теплосодержание вторичного пара, кДж/кг.

Количество разваренной массы, выходящей из выдерживателя- паросепаратора, составило: 13804,66 - 722,27 = 13082,39 кг.

Удельный расход острого пара на разваривание по массе очищенного сырья составил:

Осахаривание с вакуум-охлаждением. Количество разваренной массы, поступившей в испаритель 13082,39 кг.

Количество вторичного пара, образующегося в испарительной камере при перепаде температуры с 108,74 °С до 62 °С,

где 103,74 - начальная температура разваренной массы в испарителе;

2354,8 - теплота парообразования при 62 °С, кДж/кг;

Объем выделяющегося пара в испарительной камере составил:

899,64 х 7,8 = 7017,19 м3,

где 7,8 - объем 1 кг вторичного пара при температуре 62 °С, м3.

Расход воды на барометрический конденсатор:

где 991,4 - количество пара, поступающего в конденсатор, кг;

2516 - теплосодержание пара при 62 °С, кДж/кг;

4,2 - удельная теплоемкость воды, кДж/кг;

45 и 20 - температура уходящей и поступающей в конденсатор воды, °С. Количество массы, выходящей из испарительной камеры в осахариватель, составило: 13082,39 - 899,64 = 12182,75 кг.

Расход ферментных препаратов на осахаривание разваренной массы: Амилосубтилин ГЗх

где 1526,71 - количество условного крахмала, кг

2,0 - единицы АС, требующиеся для осахаривания 1 г условного крахмала;

1000 - коэффициент пересчета кг в г;

1000 - амилолитическая активность препарата Амилосубтилина ГЗх, ед./г.

Ликвамил 1200С

где 1,0 - единицы АС требующиеся для осахаривания 1г условного крахмала;

1000 - коэффициент пересчета кг в г;

2500 - амилолитическая активность препарата Ликвамил 1200С ед./см3.

Глюкозим Л-400С

где 7,0 - единицы ГлС, требующиеся для осахаривания 1г условного крахмала;

1526,71 - количество условного крахмала, кг;

1000 - коэффициент пересчета кг в г;

6000 - глюкоамилазная активность препарата Глюкозима Л-400С, ед./см? Количество раствора Амилосубтилина составило: 3,5 + (3,05 х 50)= 155,5 кг

Количество раствора Глюкозима Л-400С: 1,78 + (1,78 х 10) = 19,6 кг

Общее количество растворов ферментных препаратов:

155,5 + 19,6= 175,1 кг

Количество сусла в осахаривателе составило:

12182,75 + 175,1 = 12357,85 кг

На приготовление дрожжей из осахаривателя отбирали 10 % сусла, что составило: 12357,85 х 0,10 = 1235,79 кг

Количество сусла с температурой 58 °С, поступающего на вакуум-схему для охлаждения до температуры складки, составило:

12357,85 - 1235,79 = 11122,06 кг

Сбраживание сусла циклическим способом. В бродильное отделение поступает:

* сусло, охлажденное до температуры складки (22 °С) - 11122,06 кг;
* производственные дрожжи - 1235,79 кг.

Всего в бродильное отделение поступило с учетом промывных вод:

11122,06 + 1235,79 + (11122,06 + 1235,79) х 0,025 = 12666,80 кг,

где 0,025 - коэффициент, учитывающий объем промывных вод.

Выход диоксида углерода (теоретический) составит:

789,3 х 0,955 = 753,8 кг/100 дал,

где 789,3 - масса 100 дал безводного спирта, кг;

0,955 - выход диоксида углерода по отношению к безводному спирту, кг.

Зрелая бражка.

Выход зрелой бражки составил: 12666,80 - 753,8 = 11913,00 кг

С учетом водно-спиртовой жидкости из спиртоловушки количество зрелой бражки составит: 11913,00 + 11913,00 х 0,025 = 12210,83 кг

Объем зрелой бражки при плотности 1,00998 составил:

Потери спирта с бардой составили 0,015 % или 0,2 % по спирту.

Всего спирта в бражке с учетом потерь 100,4 дал или 100,4x7,8927 = 792,43кг

Концентрация спирта в зрелой бражке с учетом потерь:

Всего бражки поступило на брагоректификацию с учетом разбавления её водой при заполаскивании бродильных чанов:

Расчет расхода формалина. Норма расхода формалина 25 кг на 1000 дал или 2,5 кг/100 дал.

С ферментными препаратами вносят:

Амилосубтилином ГЗх

где 0,1 - концентрация формалина в растворе Амилосубтилина ГЗх, %.

Глюкозином Л-400С

где 0,4 - концентрация формалина в растворе Глюкозима Л-400С, %.

Всего с ферментными препаратами внесли 0,15 + 0,078 = 0,228 л. При плотности формалина 1,0865 кг/л его масса составила: 0,228 х 1,0865 = 0,25 кг. Недостающее количество формалина 2,5 - 0,25 = 2,25 кг вносили непосредственно в сусло через отдельный сборник.

**Список публикаций**

1. Князева С.М., Романова И.Н., Храменок И.Ю., Перепичай (Бибикова) М.И. Урожайность и качество зерна новых сортов яровой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания. Инновация как фактор развития АПК и сельских территорий. Международная научно-практическая конференция ., ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». Ч. II. – Смоленск, 2013. – С. 65-67
2. Романова И.Н., Князева С.М., Перепичай (Бибикова) М.И. Влияние условий выращивания сортов ячменя на полевую всхожесть. Инновация как фактор развития АПК и сельских территорий. Международная научно-практическая конференция, ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». Ч. II. – Смоленск, 2013. – С. 121 – 125
3. Романова И.Н., Рыбченко Т.И, Перепичай (Бибикова) М.И. Технология посева и фитосанитарное состояние всходов ячменя. Инновация как фактор развития АПК и сельских территорий. Международная научно-практическая конференция, ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». Ч. II. – Смоленск, 2013. – С. 135-139