Predicted Assessment of Applying Intensification Means in Agricultural Technologies

I. N. Sharkov, O. D. Sorokin, S. A. Kolbin
Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization of Agriculture of the SFRCAB of the RAS, pos. Krasnoobsk, Novosibirskii r-n, Novosibirskaya obl., 630501, Russian Federation

Abstract. *Increasing crop yields by intensifying agricultural technologies should bring additional profit to farms. To do this, it is necessary to commensurate the costs of using the means of intensification with possible increases in yield from their use. Information on the increase in crop yields from various means of intensification is obtained in field experiments conducted at scientific institutions in almost all regions of the country. The purpose of the research was the development of the AgroTeh computer program, which allows to use this information for a predicted assessment of the economic viability of using intensification means in agricultural technologies. AgroTeh includes tables of the database of results of long-term field experiments and a program developed in the Delphi-7 system for the MS Windows operating system. It is focused on the wind range of users and does not require special knowledge to work with a computer. The sequence of decision-making on the expediency of using one or another means of intensification implemented in the program is as follows. According to the results of field experiments, the program calculates the average annual increase in crop yield from a mean (or several means) of intensification. Then, at current prices, the annual total costs of its application in the agricultural technology are estimated. Based on the average annual yield increase and total costs, the program calculates the minimum (equilibrium) price per unit of product at which the costs of using the intensification tool will be compensated. This price for producer is a peculiar reference point (condition), which shows that in order to get profit from the intensification tool, the actual selling price of products must be higher than the equilibrium price. As a result, the producer decides to use the means of intensification in agrotechnology only in cases where the current situation with the sale of products on the market satisfies this condition. Also, the AgroTeh program calculates the probable occurrence of years in which the intensification tool does not increase crop yield, and, therefore, its application in agricultural technology will be unprofitable.*

Keywords: *agricultural technology; database; intensification means; yield increase; price.*

Author Details: *I. N. Sharkov, D. Sc. (Biol.), director (e-mail: humus3@yandex.ru); O. D. Sorokin, leading engineer; S. A. Kolbin, senior research fellow.*

For citation: *Sharkov I.N., Sorokin O.D., Kolbin S.A. Predicted Assessment of Applying Intensification Means in Agricultural Technologies // Zemledelie. 2019. No. 3. Pp. 14–17. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10303.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10304
УДК: 633.16: 631.53

Влияние технологических приемов на структуру урожая ячменя

Ю. И. МИТРОФАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru)
М. В. ГУЛЯЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
С. А. ЛУКЬЯНОВ, младший научный сотрудник
А. Е. КАЗЬМИН, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, п. Эммаус, 27, Калининский р-н, Тверская обл., 170530, Российская Федерация

В работе рассмотрено влияние элементов структуры урожая и технологических приемов на формирование высокопродуктивных посевов ячменя на осушаемых землях. Исследования проводили в Тверской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной глееватой осушаемой почве с содержанием гумуса 1,8...2,6 %, средней и повышенной обеспеченностью элементами питания, слабокислой и близкой к нейтральной реакции почвенной среды. Исходный элемент формирования структурных моделей зерновых агроценозов – количество растений на 1 м² в фазе всходов, изменявшееся в смоделированных вариантах от 200 до 600 шт./м² с интервалом 50 шт./м². Густота всходов и оптимизация площади питания растений – главные факторы, определяющие кустистость, сохранность растений и стеблей, количество продуктивных стеблей, озерненность колоса, массу 1000 зерен и зерна в колосе. Коэффициент общей кустистости изменялся в пределах 2,00... 2,96, продуктивной – 1,29...2,34, сохранность растений – 73,3...81,0 %, стеблей – 53,5...85,5 %. При увеличении начальной густоты растений с 200 до 600 шт./м², количество продуктивных стеблей возрастало с 379 до 567 шт./м², число зерен в колосе снижалось с 22,7 до 19,5 шт., масса 1000 зерен – с 45,0 до 39,6, масса зерна в колосе – с 1,02 до 0,70 г, биологическая урожайность возрастала с 3,86 до 4,59 т/га. Благодаря механизму саморегуляции, одинаковая биологическая урожайность (4,48...4,59 т/га) ячменя формировалась при начальном количестве растений 300...550 шт./м². При улучшении питательного режима основной прирост урожая обусловлен увеличением количества продуктивных стеблей и зерен в колосе, а при оптимизации водно-воздушного режима – увеличением количества и массы зерна в колосе.

Ключевые слова: *ячмень (Hordeum distichon L.), структура урожая, продуктивность, технологические приемы.*

Для цитирования: *Влияние технологических приемов на структуру урожая ячменя / Ю. И. Митрофанов, М. В. Гуляев, С. А. Лукьянов и др. // Земледелие. 2019. № 3. С. 17–20. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10304.*

Процесс формирования зерновых агрофитоценозов – биологических систем, способных к саморегуляции, может быть представлен в виде структурных динамических моделей с вполне определенными закономерностями их функционирования и формирования элементов продуктивности [1, 2, 3]. Наличие таких моделей позволяет контролировать и корректировать продукционный процесс, более эффективно использовать имеющиеся ресурсы, снижать затраты на производство. Уровень урожая зерновых культур, как известно, формируется из трех основных, составляющих структуру урожая, элементов: количества продуктивных стеблей на 1 м², количества колосков и зерен в колосе (метелке), массы 1000 зерен [4, 5, 6].

Важнейшие элементы формирования посевов с заданной продуктивностью – начальная густота стояния растений, их кустистость и сохранность в процессе вегетации [7, 8, 9]. В технологическом отношении большую роль в формировании всех элементов продуктивности играют адаптивные агротехнологии, сорта интенсивного типа, удобрения, обработка почвы, интегрированная защита растений и др. [4, 7, 10].

Цель наших исследований – установить влияние густоты всходов, удобрений, агромелиоративных приемов обработки почвы, способов посева на формирование основных элементов продуктивности ярового ячменя на осушаемых землях.

Полевые опыты проводили на экспериментальном участке ВНИИМЗ (Тверская область) в 1981–1993 и 2015–2017 гг. Влияние различных приемов и агротехнологий возделывания на динамику формирования продуктивного стеблестоя, структуру и урожайность ячменя изучали в опытах с разными технологиями, удобрениями, нормами высева, приемами

основной и агромелиоративной обработки почвы, способами посева и др. Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая и супесчаная глееватая, осушаемая закрытым гончарным дренажем (расстояние между дренами – 20 м, глубина заложения – 0,9...1,2 м); содержание гумуса – 1,8...2,6 %, обеспеченность элементами питания – средняя и повышенная, реакция почвенной среды – слабокислая и близкая к нейтральной. Мелиоративное рыхление проводили на глубину 50...60 см с шагом рыхления 1,4 м. Гребни при гребнистой вспашке формировали осенью высотой 22...25 см с шириной по основанию 70 см. Способы посева ячменя – рядовой и ленточно-разбросной на мелкогребнистой поверхности. Опыты с нормами высева включали варианты от 1,0 до 10,0 млн всхожих зерен/га. Возделывали сорта Абава и Зазерский 85. Опыты с обработкой почвы, нормами и способами посева проводили на фоне удобрений ($N_{60...80}P_{60...80}K_{60...80}$), эффективность подкормки посевов ячменя азотом изучали при допосевном внесении минеральных удобрений под культивацию ($N_{60}P_{80}K_{80}$). По погодным условиям вегетационные периоды в большинстве (13 из 16) лет проведения полевых опытов характеризовались как влажные (ГТК по Селянинову – 1,16...1,95); два года – избыточно-влажные (ГТК – 2,05, 2,56) и один – засушливый (ГТК – 0,76).

За основу формирования структурных моделей посевов ячменя было взято количество растений на 1 м² в фазе всходов (начальная густота). Путем системного анализа, группировки и ранжирования данных полевых опытов было разработано 9 вариантов моделей с исходной густотой всходов в интервале от 200 до 600 шт./м² с пошаговым различием между вариантами 50 растений. Модели включали в себя параметры всех видов кустистости растений, сохранности растений и стеблей, данные о динамике стеблестоя, количестве продуктивных стеблей, параметрах колоса и продуктивности посевов. При экстенсивной технологии выращивания ячменя минеральные удобрения и химические средства защиты растений не применяли, при нормальной – вносили средние нормы удобрений, а для контроля засоренности посевов использовали гербициды. В биологизированной технологии из удобрений вносили только фосфор и калий, для замещения технического азота на биологический в качестве предшественника ячменя высевали клевер одногодичного пользования с запашкой отавы, а для защиты растений от сорняков использовали только агротехнические приемы: повышенную норму высева, «отсроченный посев», боронование.

Долевое участие элементов продуктивности в прибавках урожая определяли простым математическим расчетом. Дополнительную массу зерна от увеличения количества продуктивных стеблей на единице площади рассчитывали путем умножения их на массу зерна в колосе, долевое участие определяли в процентах от общей прибавки урожая. Прирост урожая в результате увеличения массы зерна в колосе рассчитывали как разницу между общей массой прибавки и массой прибавки от увеличения количества продуктивных стеблей. Далее аналогично проводили расчет прибавок урожая от числа зерен и массы 1000 зерен. Их долевое участие рассчитывали относительно массы зерна в колосе. В случае, когда величина элемента продуктивности в опытном варианте была ниже, чем в контроле, и приводила к снижению прироста урожая, долевое участие такого структурного элемента приводили со знаком минус, которое компенсировали другие элементы продуктивности со значениями прироста более 100%.

Исследования показали, что густота всходов и оптимизация на этой основе площади питания растений – одни из главных факторов, определяющих процесс формирования основных элементов продуктивности посевов ячменя. Реакция растений на густоту стояния проявлялась в кустистости, сохранности растений и стеблей, количестве стеблей с колосом, озерненности колоса, массе 1000 зерен и урожайности.

Кроме первоначальной густоты всходов, в создании зерновых агроценозов с заданной плотностью стеблестоя большую роль играет кущение растений. Кущение – один из основных элементов механизма саморегуляции посевов. Общая закономерность: по мере увеличения количества растений на 1 м² интенсивность кущения отдельного растения снижается [1, 7].

В наших опытах в фазе кущения, по обобщенным данным, кустистость растений ячменя, в зависимости от исходной густоты стояния, изменялась от 2,00 до 2,96; продуктивная кустистость – от 1,29 до 2,34. В вариантах с оптимальной густотой всходов она составляла 2,39...2,48, а продуктивное кущение – 1,90...2,06 (рис. 1).

Увеличение исходной густоты стояния усиливает процесс гибели растений и стеблей в период вегетации посевов. Сохранность растений, в зависимости от их исходной густоты, у ячменя изменялась от 73,3 % при максимальной густоте всходов (600 шт./м²) до 81,0 % – при минимальной (200 шт./м²). У стеблей она варьировала, соответственно от 53,5 до 85,8 %. Перед уборкой количество растений ячменя на 1 м² составляло от 162 до 440 шт., стеблей – от 508 до 676 шт. Следует отметить, что количество растений перед уборкой, по мере увеличения густоты всходов с 200 до 600 шт./м², последовательно повышалось: максимальное в опытах количество стеблей отмечали в вариантах

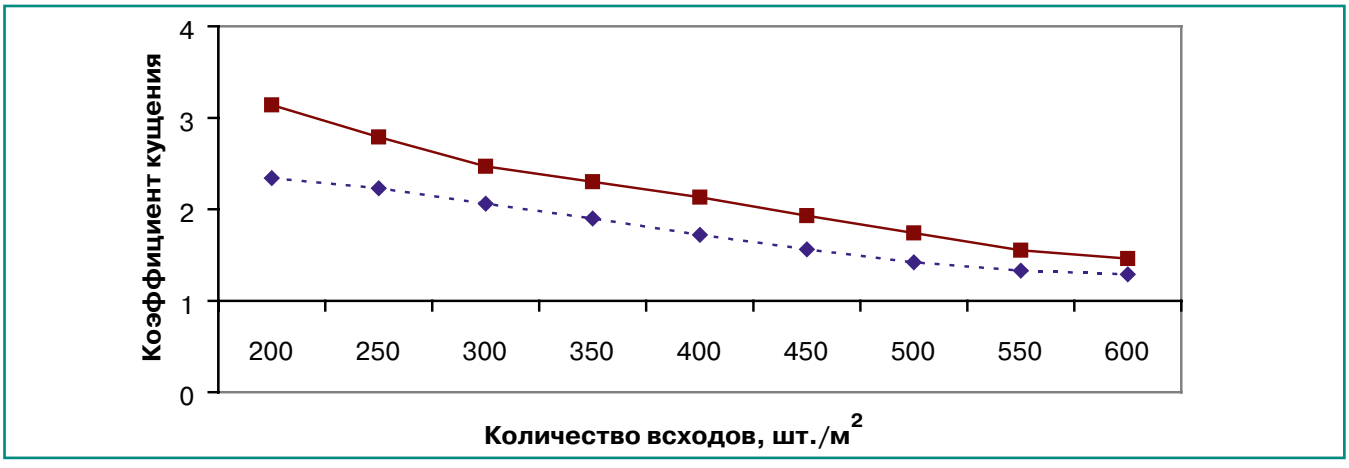


Рис. 1. *Интенсивность кущения растений ячменя в зависимости от исходной густоты всходов: — общая кустистость; - - - продуктивная кустистость*

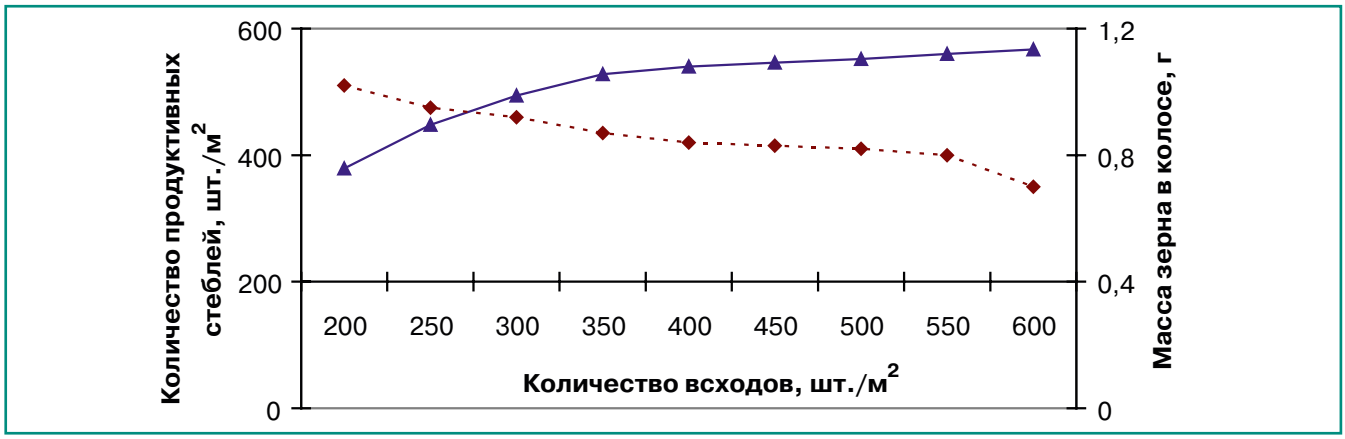


Рис. 2. *Влияние исходной густоты всходов на плотность продуктивного стеблестоя (—▲—) и массу зерна в колосе (- - ◆ - -) ячменя.*

с густотой всходов 400…500 шт./м² – 669…676 стеблей на 1 м². Дальнейшее увеличение густоты всходов приводило к снижению общего количества стеблей до 642 шт./м².

Таким образом, плотность стеблестоя посевов ячменя формируется под влиянием начальной густоты всходов, процессов кущения и изреживания растений и стеблей в период вегетации и служит результатом сложного взаимодействия этих факторов. Количество продуктивных стеблей при увеличении исходной густоты растений с 200 до 600 шт./м² возрастало – с 379 до 567 шт./м², при этом масса зерна в колосе, по мере увеличения плотности стеблестоя, снижалась с 1,02 до 0,70 г из-за уменьшения числа зерен с 22,7 до 19,5 шт. и массы 1000 зерен с 45,0 до 39,6 г (рис. 2).

Биологическая урожайность ячменя при этом изменялась от 3,86 до 4,59 т/га. Благодаря механизму саморегуляции, практически одинаково высокий ее уровень (4,48…4,59 т зерна с 1 га) был сформирован при начальном количестве растений от 300 до 550 шт./м². Оптимальная исходная густота всходов при интенсивной технологии выращивания ячменя находится в интервале 300…350 шт./м². Дальнейшее ее увеличение не сопровождается ростом урожайности и приводит к неэффективному использованию семян. Посевы с густотой стояния растений более 350 шт./м² следует считать загущенными, менее 300 шт./м² – изреженными. Оптимальный вариант структурной модели посевов ячменя с урожайностью 4,54…4,59 т/га имеет следующие параметры: количество растений перед уборкой – 240…278 шт./м², продуктивных стеблей – 494…528 шт./м², продуктивная кустистость – 1,90…2,06, сохранность растений – 79,4…80,0 %, стеблей – 76,3…79,5 %, число зерен в колосе – 21,0…21,7 шт., масса 1000 зерен – 41,5…42,4 г, масса зерна в колосе – 0,87…0,92 г.

Установленные зависимости структурных элементов продуктивности посевов от густоты всходов могут быть использованы при прогнозировании урожайности ячменя и контроля за процессом ее формировании. Оптимальную густоту всходов на практике обеспечивают соответствующий выбор норм высева и способов посева с учетом биологических особенностей культур, почвенных, климатических и агротехнических условий. Трудность формирования чётко заданной густоты всходов определяется тем, что на полевую всхожесть семян могут оказывать влияние большое количество нерегулируемых и плохо прогнозируемых факторов, во многом, определяющих правильность принимаемых решений в отношении нормы высева: почвенные и погодные условия, обеспеченность влагой, качество высеваемых семян и подготовки почвы, сроки и способ посева, глубина заделки семян др. В наших опытах полевая всхожесть семян ячменя в среднем за 7 лет составила 67,0…71,0 %. При рассмотрении ее взаимосвязи с технологическими приемами следует учитывать, что зерновые культуры на осушаемых землях чувствительны к глубине заделки семян. В условиях хорошего увлажнения ее оптимальная величина составляет 2…4 см, отклонение в ту или иную сторону снижает полевую всхожесть. Большое значение для получения необходимой густоты всходов и оптимизации нормы высева

Влияние удобрений, технологий и агрофизических условий на долевое участие структурных элементов продуктивности в формировании урожая ячменя

Вариант		Урожайность в контроле, т/га	Прибавка в опытном варианте, т/га*	Прирост урожая (%) в опытном варианте за счет увеличения в структуре			
				количества продуктивных стеблей	массы зерна в колосе	в том числе	
контрольный	опытный					количества зерен в колосе	массы 1000 зерен
Технологии, азотные удобрения (питательный режим)							
$N_0P_{60...80}K_{60...80}$ Без подкормки	$N_{60...80}P_{60...80}K_{60...80}$ подкормка в фазе кущения – N_{30}	2,99	+1,18	83,3	16,7	108	-8*
		3,22	+0,61	50,7	49,3	76,6	23,4
Экстенсивная	интенсивная	2,05	+2,81	69,8	30,2	64,0	36,0
Нормальная	интенсивная	3,18	+1,27	45,9	54,1	91,7	8,3
Биологизированная	интенсивная	3,14	+1,10	85,3	14,7	58,9	41,1
Осушение, мелиоративное рыхление (МР), гребнистая вспашка, гребнистый посев (водно-воздушный режим)							
Без осушения	осушаемый	2,51	+0,83	49,3	50,7	97,4	2,6
Осушаемый без МР	осушаемый + МР	3,34	+0,30	33,7	66,3	71,4	28,6
Вспашка на 20…22 см	гребнистая вспашка на 20…22 см	3,56	+0,61	44,1	55,9	60,0	40,0
Рядовой посев – СЗ-3,6	гребнистый ленточно-разбросной способ посева – СЗГК-3,6	3,38	+0,55	74,4	25,6	-80,0*	180

** все прибавки урожая достоверны на 5 %-ном уровне значимости.*

имеют сроки, качество и технология подготовки почвы, использование для посева более совершенных сеялок и др. Применение на предпосевной обработке почвы комбинированного почвообрабатывающего агрегата РВК-3,6 увеличивало полевую всхожесть семян ячменя при посеве обычной дисковой сеялкой на 4,0 %.

Формирование высокопродуктивных посевов ячменя происходит с участием ряда технологических приемов, которые по своему влиянию на структурные элементы продуктивности растений сильно различаются. Исследования показали, что при переходе на интенсивную технологию, а также при применении азотных удобрений (улучшение питательного режима), основной прирост урожая ячменя сформировался в результате увеличения количества продуктивных стеблей на единице площади и числа зерен в колосе. Долевое участие в приросте урожая стеблей с колосом составило 45,9...85,3 %, массы зерна в колосе – 14,7...54,1 %. Прирост массы зерна в колосе был на 58,9...108 % сформирован за счет увеличения числа зерен в колосе (см. табл.).

Несколько иначе изменялось соотношение структурных элементов продуктивности ячменя под влиянием агромелиоративных приемов обработки почвы (осушение, мелиоративное рыхление и гребнистая вспашка). Здесь в общей прибавке урожая более значительным было долевое участие массы зерна в колосе – 50,7...66,3 %, прирост урожая за счет продуктивных стеблей составил 33,7...49,3 %. Основной прирост массы зерна в колосе был сформирован благодаря увеличению числа зерен – 60,0... 97,4 % от общего прироста массы зерна в колосе. Увеличение массы 1000 зерен обеспечило значительно меньшее повышение массы зерна в колосе – на 2,6...40,0 %.

При гребнистом ленточно-разбросном способе посева ячменя основной прирост урожая сформировался благодаря увеличению количества продуктивных стеблей на 1 м^2 – 74,4 %, за счет большей массы зерна в колосе – 25,6 %. Весь прирост зерна в колосе был получен в результате увеличения массы 1000 зерен.

Следует отметить, что прибавка урожая при гребнистом ленточно-разбросном способе посева формируется благодаря как оптимизации площади питания растений, так и улучшению водно-воздушного режима в посевном слое почвы и зоне расположения узла кущения.

Таким образом, структурные модели продуктивности могут быть использованы в качестве важных элементов в системах прогнозирования и оперативного управления процессом формирования высокопродуктивных посевов ячменя. Оптимальный вариант структурной модели агроценоза ячменя с урожайностью 4,54...4,59 т/га имеет следующие параметры: количество растений перед уборкой – 240...278 шт./м^2, продуктивных стеблей – 494...528 шт./м^2, продуктивная кустистость – 1,90...2,06, сохранность растений – 79,4...80,0 %, стеблей – 76,3...79,5 %, число зерен в колосе – 21,0...21,7 шт., масса 1000 зерен – 41,5...42,4 г, масса зерна в колосе – 0,87...0,92 г. При создании высокопродуктивных посевов ячменя важно учитывать основные закономерности влияния технологических приемов и внешних факторов на динамику формирования структурных элементов продуктивности. Для повышения долевого участия количества продуктивных стеблей в структуре урожая большое значение имеет оптимизация питательного и водно-воздушного режимов в посевном слое почвы, для увеличения массы зерна в колосе, прежде всего, числа зерен – улучшение водно-воздушного режима в корнеобитаемом слое осушаемых почв.

Литература.

1. Крацш Г., Шпаар Д., Постников А. Управление посевами зерновых // Новое сельское хозяйство. 1998. № 2. С.34–37.
2. Савицкий М. С. Теоретические основы методики определения норм высева зерновых культур по оптимальному стеблестою // Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур: Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1971. С. 5–12.
3. Усанова З. И. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов полевых культур. Тверь: ТГСХА, 1999. 330 с.
4. Митрофанов Ю. И., Анциферова О. Н., Пугачева Л. В. Технологии выращивания зернофуражных культур на осушаемых почвах // Кормопроизводство. 2018. № 9. С.26–29.
5. Яблоков Ю. Н. Формирование стеблестоя при разных нормах высева семян // Селекция и семеноводство. 1985. № 3. С.57–58.
6. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: Методическое руководство / Под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
7. Синягин И. И. Площади питания растений. М.: Россельхозиздат, 1970. 232 с.
8. Митрофанов Ю. И., Гуляев М. В., Лукьянов С. А. Нормы высева ячменя на осушаемых землях // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 10. С.140–147.
9. Балюра В. И. Нормам высева теоретическую основу // Вестник сельскохозяйственной науки. 1966. № 5. С. 25–27.
10. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур / И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев, Л. Б. Нитченко и др. // Земледелие. 2016. № 6. С. 16–19.

Impact of Processing Methods on the Structure of Barley Harvest

Yu. I. Mitrofanov, M. V. Gulyaev, S. A. Lukyanov, A. E. Kazmin
All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, pos. Emmaus, 27, Kalininskii r-n, Tverskaya obl., 170530, Russian Federation

Abstract. *The paper discusses the influence of crop structure elements and processing methods on the formation of highly productive barley crops on drained lands. Investigations were carried out in the Tver region on sod-podzolic light loamy and sandy loam gleyic drained soils with humus content of 1.8–2.6%, moderately and increasingly saturated with nutrients. The reaction of the soil environment was slightly acidic and close to neutral. The initial element of the formation of grain agrocenosis structural models was the number of plants per 1 m2 in the sprouting phase, which in the modeled versions varied from 200 to 600 pcs/m2 with an interval of 50 pcs/m2. The density of seedlings and the optimization of plant nutrition were the main factors affecting tilling capacity, plants and stems integrity, number of productive stems, ear grain content, 1000-kernel weight and weight of grains in an ear. The coefficient of total tilling capacity varied within 2.00–2.96, productive capacity – 1.29–2.34, plants integrity – 73.3–81.0%, stems integrity – 53.5–85.5%. With an increase in the initial plant density from 200 to 600 pcs/m2, the number of productive stems increased from 379 to 567 pcs/m2, the number of grains per ear decreased from 22.7 to 19.5 pieces, the 1000-kernel weight – from 45.0 to 39.6 g, grain weight in an ear – from 1.02 to 0.70 g, biological yield increased from 3.86 to 4.59 t/ha. Thanks to the self-regulation mechanism, the biological yield (4.48–4.59 t/ha) of barley was equal at the initial number of plants 300–550 pcs/m2. In the case of the nutritional regime improvement, the raise in yield was mainly due to an increase in the number of productive stems and grains in an ear, whereas in the case of the water-air regime optimization the raise was due to an increase in the number and weight of grain in an ear.*

Keywords: *barley (Hordeum distichon L.); crop structure; productivity; processing methods.*

Author Details: *Yu. I. Mitrofanov, Cand. Sc. (Agr.), head of division (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru); M. V. Gulyaev, Cand. Sc. (Agr.), research fellow; S. A. Lukyanov, junior research fellow; A. E. Kazmin, junior research fellow.*

For citation: *Mitrofanov Yu. I., Gulyaev M. V., Lukyanov S. A., Kazmin A. E. Impact of Processing Methods on the Structure of Barley Harvest. Zemledelie. 2019. No 3. Pp. 17–20 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10304.*