

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ
НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ
СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

И.А. ДЕДУШЕВ¹, Л.М. ЕРОШЕНКО¹, В.В. ПЫЛЬНЕВ²

(¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»;

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

При изучении реакции 10 сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка» на повышение обеспеченности азотным питанием установлено положительное влияние азотного удобрения на рост урожайности и основных элементов структуры урожая ячменя. Сорта Надежный, Раушан и Златояр отличались высокой отзывчивостью на более интенсивное азотное питание.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорта, азотное питание, урожайность, удобрение

Введение

Яровой ячмень – основная зерновая и продовольственная культура Центрального Нечерноземья. Характерной особенностью ячменя, особенно в условиях изменения климата, является существенная зависимость получаемой урожайности от уровня минерального питания и погодных факторов [1, 3, 5].

Исследованиями доказано, что из минеральных удобрений наибольшее влияние на величину урожая ячменя оказывают азотные формы [7]. Результаты проведенных опытов в большинстве случаев свидетельствуют о высокой эффективности возрастающих доз азотных удобрений, особенно на почвах со сравнительно низким содержанием гумуса и подвижных форм азота [2, 6]. Достоверные различия между вариантами начинают проявляться, начиная с фазы кущения. Улучшение азотного питания ячменя увеличивает кустистость и площадь листьев растений ячменя, за счет чего и происходит дальнейшее повышение урожая. Положительное влияние удобрения сказывается на всех элементах структуры урожая, однако признаками, в большей степени связанными с отзывчивостью сортов ячменя, являются число продуктивных стеблей на единицу площади, продуктивная кустистость и масса зерна с колоса [1, 8].

Весьма важным агрономическим показателем, характеризующим эффективность использования азота растениями ячменя, считается выход биомассы. Есть мнение о том, что формирование высокой надземной биомассы сортами ячменя обусловлено их хорошо развитой корневой системой и способностью интенсивно поглощать азот. В связи с этим объективным показателем продуктивного использования азота генотипами ячменя может считаться более высокий урожай биомассы при сохранении индекса хозяйственной эффективности ($K_{хоз}$) [9].

При изучении влияния удобрений на урожайность ячменя отмечают высокие сортовые отличия по отзывчивости на внесение азотного удобрения. Общеизвестно,

что одни генотипы при внесении повышенных доз указанного удобрения резко повышают урожай, у других под воздействием интенсивного азотного питания урожай зерна повышается незначительно [1, 4].

Азот, как известно, участвует в ростовых и синтетических процессах, в том числе стимулирующих устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Оптимизация питания в засушливых условиях позволяет растениям экономно расходовать влагу, а при переувлажнении повышает их влагоустойчивость, таким образом сохраняя их продуктивность. Поэтому несмотря на высокую приспособленность растений ячменя к различным условиям возделывания, особое внимание уделяется сортовой адаптации к уровню азотного питания при различных уровнях влагообеспеченности [5].

Цель исследований: изучение влияния различного уровня азотного питания на урожайность и элементы продуктивности сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка».

Опыты проводились на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с пахотного горизонта $P_{H_{KCl}}$ 5,35–5,55 с содержанием гумуса 1,8–2,0%. Степень обеспеченности растений подвижным фосфором является высокой (P_2O_5 по Кирсанову – 250–260 мг/кг почвы), а обменным калием – средней (K_2O по Кирсанову – 120–150 мг/кг почвы).

Объектом исследований служили созданные в различные годы сорта ярового ячменя Эльф, Раушан, Нур, Владимир, Прометей, Яромир, Московский 86, Надежный, Златояр, Рафаэль.

Посев ячменя проводился в первых декадах мая 2020–2021 гг. Предшественник – озимая тритикале. Под предпосевную культивацию вносили минеральное удобрение в виде азофоски в дозе $N_{16}P_{16}K_{16}$. В фазу кущения в качестве подкормки применяли аммиачную селитру в дозе N_{50} и N_{100} . Согласно классификации ГТК вегетационный период 2020 г. характеризовался как избыточно влажный (ГТК = 2,7), а 2021 г. – как относительно сухой (ГТК = 1,0).

Результаты дисперсионного анализа представлены следующим образом:

1. Фактор А «Сорт» – 12,60%.
2. Фактор В «Агрофон» (возрастающие дозы азотного удобрения) – 2,24%.
3. Фактор С «Год» – 65,91%.
4. Взаимодействие факторов (А*В) – 9,40%, (А*С) – 3,70%, (А*В*С) – 4,15%.

Наибольшее влияние на формирование продуктивности ярового ячменя в условиях исследований оказали: фактор «Год» – 65,91%; фактор «Сорт» – 12,60%. Взаимодействие факторов «Сорт»-«Агрофон» составило 9,40%. Средние квадраты фактора С «Год» 72,20 значительно превосходят средние квадраты факторов А «Сорт» (1,53) и В «Агрофон» (2,45). Наибольшее влияние фактора С «Год» свидетельствует о преобладающей доли средовых эффектов в годы испытания, которые вносят существенный вклад в фенотипическую изменчивость урожайности ячменя. В то же время значимость взаимодействия факторов А и В определяет возможность повышения урожайности и ее стабилизации за счет оптимизации азотного питания высокопродуктивных форм.

В годы исследований для роста и развития ячменя наиболее благоприятным был 2020 год, когда при подкормке 50 кг азота урожайность сформировалась в среднем на уровне 5,37 т/га, а при внесении 100 кг азота она увеличилась до 6,10 т/га, то есть возрастала на 0,73 т/га, или 13,6% (табл. 1). При оптимальном гидротермическом режиме у сорта Надежный потенциал продуктивности на вариантах опыта был реализован на уровне 6,20–7,35 т/га, а у сорта Рафаэль обозначен в диапазоне от 6,43 до 6,83 т/га. В то же время сорта Эльф, Прометей и Златояр по среднему значению этого параметра в большей степени, чем другие генотипы, уступали указанным ранее сортам.

**Влияние условий азотного питания на урожайность и массу 1000 семян
сортов ярового ячменя, 2020–2021 гг.**

Сорт	Урожайность, т/га		Прибавка, т/га	Окупаемость N удобрений, кг зерна на 1 кг азота	Масса 1000 семян, г
	Фон+ N ₅₀	Фон + N ₁₀₀			
2020 г.					
Эльф	5,06	5,20	0,14	2,80	54,4
Раушан	5,72	6,26	0,54	10,8	53,0
Нур	5,28	6,14	0,86	17,2	55,4
Владимир	5,48	5,61	0,13	2,60	52,8
Прометей	4,27	5,95	1,68	33,6	54,7
Яромир	4,82	5,70	0,88	17,6	57,9
Московский 86	5,72	5,86	0,14	2,80	53,2
Надежный	6,20	7,35	1,15	23,0	52,6
Златояр	4,75	6,14	1,39	27,8	54,8
Рафаэль	6,43	6,83	0,40	0,80	53,9
НСР ₀₅	0,16	0,25	0,83	26,5	1,69
2021 г.					
Эльф	3,42	4,30	0,88	17,6	54,5
Раушан	3,99	4,46	0,47	9,40	50,5
Нур	3,52	4,04	0,52	10,4	52,8
Владимир	3,29	4,01	0,72	14,4	52,2
Прометей	3,34	3,45	0,11	2,20	54,0
Яромир	3,27	3,68	0,41	17,6	50,1
Московский 86	3,97	4,37	0,40	8,20	53,6
Надежный	3,52	4,24	0,72	14,4	53,1
Златояр	2,92	3,82	0,90	18,0	49,9
Рафаэль	4,28	4,71	0,43	8,60	49,9
НСР ₀₅	0,12	0,25	0,63	11,7	2,17

Отмечена сортовая специфичность по отзывчивости растений на удобрения. Значительное и статистически достоверное превышение урожайности зерна при использовании повышенной дозы азотного питания установлено как у интенсивного сорта Надежный (1,15 т/га), так и у менее продуктивных сортов Прометей и Златояр (1,39–1,68 т/га). Отзывчивость на удобрения у сортов Эльф, Владимир и Московский 86 была минимальной (0,13–0,14 т/га).

В 2021 г. по причине метеорологических условий реальная продуктивность зерна в вариантах опыта оказалась на уровне 3,61–4,11 т/га. Прибавка урожая в тот год при использовании повышенной дозы азотного питания у сортов в среднем составила от 0,56 т/га. Наибольшая отзывчивость на внесение азотного удобрения в засушливых условиях вегетационного периода отмечена у сортов Владимир, Надежный, Эльф и Златояр (0,72–0,90 т/га).

Эффективность использования более высокой дозы азотного удобрения в подкормку способен оценить такой показатель, оплата 1 кг д.в. удобрения прибавкой урожая. Среднее значение окупаемости дополнительного внесения 1 кг азотного удобрения в благоприятных условиях 2020 г. определилось как 13,9 кг зерна, в засушливом 2021 г. – как 12,1 кг. В 2020 г. наиболее эффективной доза N_{100} оказалась для сортов Златояр, Надежный, Прометей (23,0–33,6 кг), в 2021 г. – для сортов Владимир, Надежный, Эльф, Яромир и Златояр (14,4–18,0 кг).

Среднее значение показателя крупности зерна, который у сортов в годы изучения практически не зависел от уровня минерального питания, составило 53,2 г. В более благоприятном по погодным условиям 2020 г. масса 1000 семян в среднем составляла 54,5 г. В более засушливом 2021 г. она была ниже и соответствовала значению 52,1 г. Отмечено, что усиление фона азотного питания повышало крупность зерна на 1,0–3,6 г у сорта Раушан. В то же время этот показатель у сортов Московский 86 и Прометей был ниже на 1,0–5,1 и 1,3–2,6 г соответственно. У других сортов масса 1000 семян практически не зависела от условий возделывания.

В результате улучшения питательного режима в среднем за два года количество продуктивных стеблей на единице площади возросло от 610 до 672 шт/м² (табл. 2). Увеличенная доза минеральной подкормки была более эффективной для сортов Надежный, Раушан и Златояр, что позволило им на 11,0–12,6% повысить число продуктивных стеблей. А для сортов Эльф и Владимир увеличение этого элемента структуры урожая было незначительным – всего на 3,7–4,6%.

Отмечена сильная достоверная положительная сопряженность между накопленной анализируемыми растениями биомассой и долей в ней зерна ($r = 0,96 \pm 0,05$). Поэтому в вариантах с повышенными дозами азота аналогично повышению зерновой продуктивности увеличивался сбор надземной биомассы.

Тенденция снижения доли зерна в общей надземной биомассе проявилась лишь в засушливом году у сортов более ранней селекции: Эльф, Нур, Прометей и Яромир. При повышении уровня азотного питания у сортов Раушан, Московский 86, Златояр и Рафаэль происходило более интенсивное накопление биомассы и незначительное повышение коэффициента хозяйственного использования, что свидетельствует о высокой эффективности потребления ими минерального азота.

Признаками, связанными с отзывчивостью ячменя на удобрения, являются также продуктивность растения и коэффициент кущения. Как показали исследования, повышенный уровень обеспеченности растений азотом в 2020 г. способствовал увеличению показателя продуктивной кустистости в среднем на 13,8%, а массы зерна с растения – в среднем на 14,8%. В неблагоприятных условиях 2021 г. он усиливал эти показатели соответственно на 11,4 и 21,2%. Превосходство имели сорта Прометей и Надежный, которые превышали среднесортное значение коэффициента кущения на 58,6–74,9%, а показателя продуктивности растения превосходили на 24,0–43,3%.

Показатели продуктивности сортов ячменя в зависимости от доз азотных удобрений, 2020–2021 гг.

Вариант опыта	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²	Коэффициент кущения	Продуктивность растения, г	Общая биомасса снопа, г	К хоз., %	Масса зерна с колоса, г
	2020 г./2021 г.	2020 г./2021 г.	2020 г./2021 г.	2020 г./2021 г.	2020 г./2021 г.	2020 г./2021 г.
Эльф						
Фон+N ₅₀	658/542	1,82/1,61	1,40/0,98	1035/695	0,49/0,49	1,08/1,00
Фон+N ₁₀₀	682/613	1,92/1,72	1,46/1,24	1070/932	0,49/0,47	1,10/1,04
Раушан						
Фон+N ₅₀	656/564	1,67/1,70	1,46/1,16	1125/879	0,51/0,45	1,20/0,92
Фон+N ₁₀₀	736/658	2,12/1,76	1,78/1,20	1215/880	0,51/0,49	1,13/0,92
Нур						
Фон+N ₅₀	598/544	1,58/1,60	1,40/0,96	1042/810	0,51/0,50	1,27/1,02
Фон+N ₁₀₀	670/578	1,78/1,48	1,62/1,21	1158/892	0,53/0,43	1,20/1,03
Владимир						
Фон+N ₅₀	633/564	1,56/1,70	1,35/1,06	1038/692	0,53/0,47	1,12/0,94
Фон+N ₁₀₀	652/611	1,74/1,88	1,50/1,22	1058/830	0,53/0,48	1,11/1,07
Прометей						
Фон+N ₅₀	600/560	1,51/1,60	1,08/0,95	895/768	0,48/0,43	1,07/0,97
Фон+N ₁₀₀	708/576	1,82/1,89	1,52/1,00	1158/878	0,51/0,39	1,16/1,08
Яромир						
Фон+N ₅₀	574/584	1,48/1,48	1,23/0,70	982/705	0,49/0,46	1,15/0,89
Фон+N ₁₀₀	628/588	1,55/1,60	1,41/1,12	1158/872	0,52/0,41	1,19/0,98
Московский 86						
Фон+N ₅₀	698/581	1,94/1,54	1,60/0,98	1080/809	0,53/0,47	1,18/0,94
Фон+N ₁₀₀	760/650	2,14/1,72	1,65/1,14	1135/905	0,52/0,50	1,170,98
Надежный						
Фон+N ₅₀	826/647	2,10/1,72	1,60/0,80	1150/855	0,56/0,51	1,08/1,02
Фон+N ₁₀₀	980/646	2,58/1,78	1,96/0,96	1290/845	0,57/0,51	1,09/1,06
Златояр						
Фон+N ₅₀	464/446	1,33/1,34	1,36/0,77	942/648	0,51/0,42	1,24/0,95
Фон+N ₁₀₀	634/510	1,66/1,39	1,60/1,03	1240/812	0,49/0,47	1,24/1,03
Рафаэль						
Фон+N ₅₀	818/648	2,11/1,74	1,66/1,10	1142/838	0,56/0,49	1,07/0,95
Фон+N ₁₀₀	842/712	2,16/2,06	1,67/1,35	1190/922	0,57/0,52	1,10/0,97

Примечание. К_{хоз} отражает долю зерна в общей надземной массе растений, %.

Выводы

Применение азотного удобрения в дозе 100 кг д.в. на 1 га в подкормку явилось наиболее эффективным, и в зависимости от погодных условий вегетационного периода урожайность ячменя при этом в среднем возросла на 0,56–0,71 т/га.

В годы исследований было установлено, что высокой отзывчивостью и окупаемостью на дополнительное внесение азотного удобрения характеризовались как высокоинтенсивный сорт Надежный, так и менее продуктивный сорт Златояр.

Увеличение дозы азота способствовало повышению показателей продуктивности у сортов ярового ячменя. Наибольшей прибавкой числа продуктивных стеблей на единице площади отличались сорта Надежный, Златояр и Раушан. Более интенсивное накопление биомассы отмечено у сортов Раушан, Московский 86, Златояр и Рафаэль. Преимущество по массе 1000 семян имел сорт Раушан, а сорта Прометей и Надежный превосходили другие генотипы по коэффициенту кущения и массе зерна с растения.

Библиографический список

1. *Абарова Е.Э.* Влияние различных форм азотных удобрений на урожайность сортов ячменя // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1. – С. 93–101.
2. *Абашев В.Д., Попова Ф.А., Светлакова Е.В.* Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна ячменя // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 4. – С. 4–8.
3. *Богдевич И.М., Очковская Л.В., Пироговская Г.В.* Эффективность применения минеральных удобрений под ячмень на дерново-подзолистых почвах Беларуси // Международный аграрный журнал. – 2000. – № 2. – С. 18–22.
4. *Евдокимова М.А.* Влияние условий азотного питания на урожайность ярового ячменя в таежно-лесной зоне // Вестник Марийского государственного университета. – 2017. – Т. 3, № 2 (10). – С. 16–21.
5. *Ерошенко Л.М., Ромахин М.М., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Ромахина В.В., Болдырев М.А.* Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, № 1. – С. 38–47.
6. *Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А.* Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество ячменя Гонар при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1. – С. 102–111.
7. *Мусаев Ф.А., Захарова О.А.* Зависимость урожайности ячменя от ГТК и удобрений // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 2 – С. 89–97.
8. *Хоконова М.Б.* Экономическая эффективность производства пивоваренного солода // Научно-технический прогресс: актуальные перспективные направления будущего: Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Кемерово: ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2016. – С. 98–99.
9. *Binghama I.J., Karley A.J., White P.J., Thomas W.T.B., Russell J.R.* Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding // European Journal of Agronomy. – 2012. – Pp. 49–58.

EFFECT OF NITROGEN NUTRITION ON YIELD AND YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF SPRING BARLEY VARIETIES BRED BY FRC “NEMCHINOVKA”

I.A. DEDUSHEV¹, L.M. EROSHENKO¹, V.V. PYL'NEV²

(¹Federal Research Centre “Nemchinovka”,

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The response of ten spring barley varieties bred by FRC “Nemchinovka” to increasing nitrogen nutrition has been studied. A positive effect of nitrogen fertilisation on the yield growth and the main elements of barley yield structure was found. The varieties Nadezhnyi, Raushan and Zlatoyar were highly responsive to more intensive nitrogen nutrition.

Key words: *spring barley, varieties, nitrogen nutrition, yield, fertilisation.*

References

1. *Abarova E.E.* Effect of different forms of nitrogen fertilisers on barley yields. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2009; 1: 93–101. (In Rus.)
2. *Abashev V.D., Popova F.A., Svetlakova E.V.* Effect of mineral fertilisers on barley grain yields. *Permskiy agrarniy vestnik*. 2015; 4: 4–8. (In Rus.)
3. *Bogdevich I.M., Ochkovskaya L.V., Pirogovskaya G.V.* Effectiveness of mineral fertiliser application for barley on sod-podzol soils in Belarus. *Mezhdunarodniy agrarniy zhurnal*. 2000; 2:18–22. (In Rus.)
4. *Evdokimova M.A.* Effect of nitrogen nutrition conditions on spring barley yields in the taiga-forest zone. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017; 3; 2 (10): 16–21. (In Rus.)
5. *Eroshenko L.M., Romahin M.M., Eroshenko N.A., Dedushev I.A., Romakhina V.V., Boldyrev M.A.* Yield, plasticity, stability and homeostability of spring barley varieties in the Non-Chernozem zone. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*. 2022; 183; 1: 38–47. (In Rus.)
6. *Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Gracheva A.A.* Effect of mineral fertiliser doses and ratios on the yield quality of Gonar barley when cultivated on sod-podzolic loamy sand soil. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2009; 1: 102–111. (In Rus.)
7. *Musaev F.A., Zakharova O.A.* Dependence of barley yield on GTC and fertilisers. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016; 2: 89–97. (In Rus.)
8. *Khokonova M.B.* Economic efficiency of brewing malt production. *Nauchno-tekhnicheskiiy progress: aktuad'nye perspektivnye napravleniya budushchego: sbornik statey II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Kemerovo: OOO “Zapadno-Sibirskiy nauchniy tsentr”. 2016: 98–99. (In Rus.)
9. *Bingham I.J., Karley A.J., White P.J., Thomas W.T.B., Russell J.R.* Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy*. 2012: 49–58.

Дедушев Иван Александрович, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», лаборатория селекции и первичного семеноводства ярового ячменя; 143026, Российская Федерация, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; e-mail: dedushev_95@mail.ru; тел.: (953) 333–91–87

Ерошенко Любовь Михайловна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», лаборатория селекции и первичного семеноводства ярового ячменя; 143026, Российская Федерация, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru; тел.: (925) 615–51–29

Пыльнев Владимир Валентинович, д-р биол. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: pyl8@yandex.ru; тел.: (915) 093–07–85

Ivan A. Dedushev, Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6, Agrokhimikov Str., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (953) 333–91–87; E-mail: dedushev_95@mail.ru)

Lyubov’ M. Eroshenko, CSc (Ag), Leading Research Associate, Federal Research Center “Nemchinovka” (6, Agrokhimikov Str., worker’s settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (925) 615–51–29; E-mail: eroshenko.lm@yandex.ru)

Vladimir V. Pyl’nev, DSc (Bio), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (915) 093–07–85; E-mail: pyl8@yandex.ru)