

S. P. Vaughan [et al.]. – DOI 10.1104/pp.111.183657 // Plant Physiol. – 2011. – 157. – R. 1820-1831.

10. Changes in durum wheat root and aerial biomass caused by the introduction of the Rht-B1b dwarfing allele and their effects on yield formation / Joan Subira, Karim Ammar, Fanny Blvaro [et al.]. – DOI 10.1007/s11104-015-2781-1 // Plant and Soil. – June 2016. – V. 403. – Iss. 1. – P. 291-304.

11. Quantitative trait loci on chromosome 4B for coleoptile length and early vigour in wheat (*Triticum aestivum* L.) / G. J. Rebetzke, R. Appels, Morrison [et al.] // Australian Journal of Agricultural Research. – 2001. – V. 52. – P. 1221-1234.

12. Trethowan, R.M. & Singh, Ravi & Huerta-Espino, J & Crossa, Jose & van Ginkel, Maarten. Coleoptile length variation of near-isogenic Rht lines of modern CIMMYT bread and durum wheats / Trethowan, R.M. & Singh, Ravi & Huerta-Espino, J & Crossa, Jose & van Ginkel, Maarten. – DOI 10.1016/S0378-4290(00)00153-2 // Field Crops Research. – 2001. – 70. – R. 167-176.

13. Cygankov, I. G. Ispol'zovanie raznoobraziya morfologicheskikh priznakov pri sozdanii ekologicheskii ustojchivyyh sortov yarovoj pshenicy v Zapadnom Kazahstane / I. G. Cygankov, V. I. Cy-

gankov. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik regional'noj seti po vnedreniyu sortov pshenicy i semenovodstvu. – Almaty, 2003. – № 1 (4). – S. 140-143.

14. Rezul'taty selekcii sortov yarovoj tverdoj pshenitsy s ukorochennoj solominoj / P. N. Mal'chikov, V. S. Sidorenko, M. G. Myasni-kova [i dr.]. – Tekst: neposredstvennyj // Zernobobovye i krupyanye kul'tury: nauchno-proizvodstvennyj zhurnal. – 2017. – № 4 (24). – S. 97-106.

15. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Vyp. 1: Obshchaya chast' / M. A. Fedin [i dr.]. – Moskva, 1985. – 267 s. – Tekst: neposredstvennyj.

16. Savickaya, V. A. Tverdaya pshenica v Sibiri / V. A. Savickaya, S. S. Sinicin, A. I. Shirokov. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 112 s. – Tekst: neposredstvennyj.

17. Evdokimov, M. G. Yarovaya tverdaya pshenica v Sibirskom Priirtysh'e: monografiya / M. G. Evdokimov, V. S. Yusov. – Omsk, 2008. – 160 s. – Tekst: neposredstvennyj.

18. Golik, V. S. Selekcija *Triticum durum* Desf. / V. S. Golik. – Har'kov, 1996. – 387 s. – Tekst: neposredstvennyj.



УДК 633.111

С.Б. Лепехов
S.B. Lepekhov

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТРАНСГРЕССИЙ У ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В F₃ С УРОЖАЙНОСТЬЮ В F₄ И F₅

THE RELATIONSHIP OF TRANSGRESSIONS IN SPRING SOFT WHEAT IN F₃ WITH YIELDS IN F₄ AND F₅

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, селекция, урожайность, трансгрессия, ранние поколения, гибридная популяция.

Выявление трансгрессивных растений по экономически важным признакам у пшеницы является главным аспектом любой селекционной программы. Оценка урожайности потомств ранних поколений неэффективна для выделения высокоурожайных линий поздних поколений. В связи с этим селекционер вынужден использовать косвенные критерии оценки потомств ранних поколений. Цель работы заключалась в сравнении урожайности родительских сортов и трансгрессивных линий, созданных с их участием. В 2018 г. 44 линии F₃ четырёх комбинаций скрещивания были изучены по высоте растения, биомассе деланки, густоте продук-

тивного стеблестоя, количеству колосков в колосе, озернённости колоса, массе 1000 зёрен, массе зерна колоса, K_{хоз}, урожайности в четырёхкратной повторности в селекционном питомнике первого года. В 2019 и 2020 гг. данные линии испытывались по урожайности на деланках 2 и 1 м² соответственно. Наибольшая частота положительных трансгрессий (17,5%) отмечена в комбинации скрещивания Лютесценс 827/01-42 × Саратовская 70 в среднем на 1 признак, наименьшая (1,6%) – в комбинации Эритроспермум 78 × Алтайская 105. Линии, имевшие трансгрессию по какому-либо признаку в F₃, в среднем не превосходили по урожайности лучший родительский сорт в F₄ и F₅. Лучшие по урожайности линии F₄ и F₅ в подавляющем большинстве случаев не обладали трансгрессией по рассматриваемым признакам в F₃. Поиск трансгрессивных растений в ранних

поколениях имеет ограниченное значение для практической селекции пшеницы.

Key words: *spring soft wheat, plant breeding, yielding capacity, transgression, early generations, segregating population.*

Identifying transgressive plants based on economically important traits in wheat is the main aspect of any breeding program. Evaluation of the productivity of the early generations is ineffective for the selection of high-yielding lines of later generations. In this regard, the breeder is forced to use indirect criteria for evaluating the offspring of early generations. The aim of the study was to compare the yield of parent varieties and transgressive lines created from crosses of these parents. In 2018, 44 F₃ lines of four crossbreeding combinations were studied by plant height,

plot biomass, productive stem density, number of spikelets spike, kernels per spike, thousand kernel weight, grain weight per spike, harvest index, yield per plot in four replications in breeding nursery of first year. In 2019 and 2020 these lines were tested for yield on 2 m² and 1 m² plots, respectively. The highest frequency of positive transgressions was detected in combination Lyutestsens 827/01-42 × Saratovskaya 70 (17,5%) average per trait, the lowest frequency of positive transgressions (1,6%) was detected in combination Eritrospermum 78 × Altayskaya 105. The lines that had a transgression on any trait in F₃, on average, did not exceed the best parent variety in F₄ and F₅ in yield. The best-yielding lines F₄ and F₅ in the vast majority of cases did not have transgression for the considered characteristics in F₃. The search for transgressive plants in early generations is of limited importance for practical wheat breeding.

Лепехов Сергей Борисович, к.с.-х.н., вед. н.с., Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», г. Барнаул, Научный городок, 35, Российская Федерация, e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

Lepekhov Sergey Borisovich, Cand. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, Federal Altai Research Center of Agro-Biotechnologies, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

Введение

Термином «трангрессия» определяется явление, при котором в F₂ и последующих поколениях гибридов возникают особи с признаками, выраженными сильнее, чем у равноценных между собой по этому признаку родительских форм [1]. Различают положительную трангрессию, когда значение данного признака у гибрида выше, чем у лучшего родителя и отрицательную – когда оно ниже, чем у худшего родителя. Для практической селекции имеют значение положительные трангрессии, которые получены в результате появления выдающихся рекомбинантов по различным хозяйственным и биологическим признакам [2].

Использование признаков отдельных растений F₂ в селекции на урожайность неэффективно из-за её низкой наследуемости [3]. Предполагается, что косвенный отбор, основанный на одном или нескольких высоконаследуемых признаках, коррелирующих с урожайностью, может быть более эффективен, чем прямой отбор по урожайности [6]. Однако отбор в ранних поколениях осложнён влиянием остаточной гетерозиготности и сильной модификационной изменчивостью из-за малого размера делянок. Тем не менее поиск трангрессивных форм рекомендуется начинать в F₃, а не в F₂ [4, 5].

В связи с этим **целью** работы было выявление положительных трангрессий по ряду признаков у генотипов F₃ яровой мягкой пшеницы и

дальнейшее их испытание в F₄ и F₅ по урожайности.

Объекты и методы

Материалом исследования являлись генотипы четырёх гибридных популяций яровой мягкой пшеницы: Лютесценс 827/01-42 × Саратовская 70, Дуэт × Алтайская 105, Эритроспермум 78 × Алтайская 105, Лютесценс 453/2 × Алтайская жница. Эксперимент проведён на опытном поле ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий». В 2017 г. данные гибридные популяции высевались разреженно с целью получения большого числа семян с растения. Генотипы с озёрностью более 100 шт. были отобраны для последующих исследований. В 2018 г. 7 потомств комбинации Лютесценс 827/01-42 × Саратовская 70, 14 потомств комбинаций Дуэт × Алтайская 105 и Эритроспермум 78 × Алтайская 105, 9 потомств комбинации Лютесценс 453/2 × Алтайская жница были посеяны в селекционном питомнике 1-го года (СП-1) в четырёхкратной повторности, по 25 зёрен на рядок. Изучали следующие признаки: высота растения, биомасса делянки, густота продуктивного стеблестоя, количество колосков в колосе, озёрность колоса, масса 1000 зёрен, масса зерна колоса, K_{хоз}, урожайность. Визуальный отбор линий вёлся по совокупности агрономических признаков в полевых условиях и оценке зерна в лабораторных условиях. За положительные трангрессии принимали значение признака у линии, достоверно превосходящее зна-

чение лучшего родителя. В 2019 г. 44 линии рассматриваемых комбинаций скрещивания высевали на делянках площадью 2 м², а в 2020 г. – на делянках площадью 1 м² в однократной повторности. Для сравнения среднегодовой урожайности линий и родительских сортов рассчитывали НСР₀₅, где в качестве повторностей использовали годы.

Результаты и их обсуждение

Количество выявленных трансгрессий различалось как для признаков, так и для комбинаций скрещивания. Не обнаружено положительных трансгрессий по высоте растения, густоте продуктивного стеблестоя и озернённости колоса. Частота и средняя степень проявления трансгрессий по остальным признакам представлены в таблице 1. В комбинации Лютесценс 827/01-42 × Саратовская 70 средний процент трансгрессий на признак в пересчёте на одну линию составил 17,5%, в комбинации Дуэт × Алтайская 105 – 10,3%, в комбинации Эритроспермум 78 × Алтайская 105 – 1,6% и в комбинации Лютесценс 453/2 × Алтайская жница – 3,7%. Наибольшая частота положительных трансгрессий зарегистрирована для массы 1000 зёрен и К_{хоз} (13,6%).

Значительное влияние на урожайность трансгрессивных форм, при их испытании в 2019 и 2020 гг., оказала комбинация скрещивания, в которой возникли данные трансгрессии.

Так, среднелинейная для двух лет урожайность варьировала от 292 г/м² (Лютесценс 453/2 × Алтайская жница) до 419 г/м² (Лютесценс 827/01-42 × Саратовская 70 и Дуэт × Алтайская 105). Данная особенность сделала невозможным сравнение урожайности у трансгрессивных форм, возникших по различным признакам. Например, наибольшей средней урожайностью в 2019, 2020 гг. (422 г/м²) характеризовались линии, в которых обнаружена трансгрессия по биомассе делянки в 2018 г. Однако данные трансгрессии возникли в самых урожайных комбинациях скрещивания. В связи с этим более подходящим критерием для сравнения урожайности в F₄ и F₅ у трансгрессивных форм, выявленным по различным признакам в F₃, будет процент прибавки к урожайности лучших родителей. В таком случае линии в F₃ с трансгрессиями по биомассе делянки в СП-1, количеству колосков в колосе и урожайности в СП-1 в наибольшей степени приблизились по урожайности в F₄, F₅ к лучшим родительским сортам (табл. 1). Ни один из критериев оценки в F₃ для выделения урожайных линий в последующих поколениях не был эффективнее варианта без отбора. Самую низкую, в сравнении с лучшими родительскими сортами, урожайность в F₄, F₅ имели трансгрессивные линии, выделенные в F₃ по массе 1000 зёрен (-12%), с помощью визуального отбора (-12%) и К_{хоз} (-17%).

Таблица 1

Величины признаков у трансгрессивных форм яровой мягкой пшеницы в F₃ (2018 г.) и их урожайность в F₄, F₅ (2019, 2020 гг.)

Признак (критерий отбора) F ₃	N	Средняя величина признака трансгрессивных форм (F ₃)	Прибавка к лучшему родителю	%	Средняя урожайность трансгрессивных форм (F ₄ , F ₅), г/м ²	+/- к урожайности лучшего родителя, г/м ²	%
Биомасса делянки, г	2	185	61	49	422	-43	-9
Количество колосков в колосе, шт.	5	18,1	2,0	12	390	-40	-9
Масса зерна колоса, г	5	2,24	0,49	28	413	-45	-10
Урожайность делянки, г	5	61	23	60	417	-42	-9
Масса 1000 зёрен, г	6	43,9	8,0	22	379	-51	-12
К _{хоз} , %	6	37,6	7,0	23	386	-76	-17
Визуальный отбор	7	-	-	-	394	-56	-12
Среднее для всех линий	-	-	-	-	387	-30	-7

Примечание. N – количество выявленных трансгрессивных форм.

В комбинациях Дуэт × Алтайская 105 и Лютесценс 453/2 × Алтайская жница ни одна из исследуемых линий не превзошла по урожайности лучший родительский сорт. Прибавки к лучшему родителю зафиксированы для линии комбинации Лютесценс 827/01-42 × Саратовская 70 (+4%) и для линии комбинации Эритроспермум 78 × Алтайская 105 (+22%). Однако они не превышали величины НСР₀₅ (табл. 2). Успех последней линии в значительной мере связан с низкой урожайностью лучшего родителя (Алтайская 105) в серии лет испытаний. Средняя прибавка урожайности к лучшим родителям у лучших линий составила 6%.

Анализ морфобиологических признаков лучших линий F₄ и F₅ показал, что единственная трансгрессия в F₃ была зафиксирована для K_{хоз}. По остальным признакам данные линии не превосходили лучший родительский сорт.

Значительным недостатком при изучении трансгрессивной изменчивости в гибридных популяциях является их жёсткая привязка к родительским формам, в то время как в практической селекции для этой цели служат стандартные сорта. Лучшие по конкретным признакам линии одной комбинации скрещивания могут оказаться на уровне худших линий другой комбинации. Данная особенность была присуща и нашему эксперименту.

Существенным моментом работы считаем демонстрацию значительной частоты трансгрес-

сий – 17,5% в среднем на признак в одной из комбинаций скрещивания. В связи с этим разумно ожидать высокую трансгрессивную изменчивость в реальном селекционном процессе, где в ранних поколениях оценивают тысячи генотипов. Однако трансгрессии по элементам структуры урожая в ранних поколениях не обязательно связаны с высокой урожайностью в более поздних поколениях. Установление признаков, которые универсально увеличивали урожайность хотя бы в определённом наборе сред, – трудная задача [7]. Хотя в предыдущих исследованиях показано преимущество отбора в ранних поколениях по массе 1000 зёрен, K_{хоз} [8], биомассе растения [9], мы не можем рекомендовать данные признаки для практической селекции.

Самые урожайные линии в F₄ и F₅ преимущественно не обладали ярко выраженными морфобиологическими признаками в F₃. Аналогичный результат получил Alexander и др. [10]. Другим важным моментом, на который следует обратить внимание, заключается в том, что из 44 исследованных линий ни одна не превзошла по урожайности лучший из родительских сортов в опыте – Дуэт. Таким образом, возникновение генотипов с ярко выраженными количественными признаками – рядовое событие для селекции, а высокоурожайного генотипа – исключительно редкое.

Таблица 2

Морфобиологические параметры линий яровой мягкой пшеницы (F₃, 2018 год) с наибольшей урожайностью в F₄, F₅ (2019, 2020 гг.) четырёх комбинации скрещивания

Генотипы	БМ, г	ККК, шт.	МЗК, г	Урож. (2018 г.), г	МТЗ, г	K _{хоз} , %	Средняя урожайность (2019, 2020 гг.), г/м ²
Саратовская 70	87	13,3	1,60	29	38,8	34,8	433
Лютесценс 827/01-42 × Саратовская 70	74	14,9	1,62	29	37,0	40,2	451
Лютесценс 827/01-42	88	15,6	1,52	27	32,1	29,8	419
Дуэт	96	16,7	1,89	27	34,5	28,0	498
Дуэт × Алтайская 105	144	17,4	1,56	43	29,4	27,8	497
Алтайская 105	162	17,5	1,98	51	34,5	31,1	372
Эритроспермум 78 × Алтайская 105	167	17,7	1,91	48	32,2	27,8	454
Эритроспермум 78	132	15,3	1,97	47	37,6	35,1	351
Алтайская жница	131	16,7	1,72	34	31,2	24,5	347
Лютесценс 453/2 × Алтайская жница	136	17,4	1,20	38	24,5	26,9	346
Лютесценс 453/2	73	15,5	1,13	14	29,5	18,5	336
НСР ₀₅	56	0,9	0,38	20	5,7	4,9	111

Примечание. БМ – биомасса делянки; ККК – количество колосков в колосе; МЗК – масса зерна колоса; Урож. – масса зерна с делянки в СП - 1; МТЗ – масса 1000 зёрен.

Проявление трансгрессивной изменчивости зависит от условий внешней среды [11]. Мы предполагаем, что данная закономерность сыграла свою роль в исследовании. Изучение линий F₃ в 2018 г. проводилось на фоне эпифитотии бурой и стеблевой ржавчины. Годы испытания линий F₄ и F₅ по урожайности характеризовались отсутствием листостебельных болезней, а 2020 г. можно охарактеризовать как засушливый. Вероятно, по этой же причине визуальный отбор в F₃ оказался малоэффективным.

Заключение

Положительные трансгрессии в рассматриваемых комбинациях скрещивания возникали с частотой от 1,6 до 17,5% в среднем на один признак. Не обнаружено положительных трансгрессий по высоте растения, густоте продуктивного стеблестоя и озернённости колоса. Линии, имевшие трансгрессию по какому-либо признаку в F₃, в среднем не превосходили по урожайности лучший родительский сорт в F₄ и F₅. Лучшие линии F₄ и F₅ в подавляющем большинстве случаев не имели трансгрессий по рассматриваемым признакам в F₃.

Библиографический список

1. Мюнтцинг, А. Генетические исследования / А. Мюнтцинг. – Москва: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 488 с. – Текст: непосредственный.
2. Орлюк, А. П. Принципы трансгрессивной селекции пшеницы / А. П. Орлюк, В. В. Базалий. – Херсон, 1998. – 274 с. – Текст: непосредственный.
3. Singh, T. Evaluation of empirical and predictive approach of selection for yield improvement in wheat / T. Singh // *Journal of Plant Science & Research*. – 2015. – V. 2. – Iss. 2. – P. 131.
4. Репьев, С. И. Принципы подбора родительских пар в трансгрессивной селекции вика посевной / С. И. Репьев. – Текст: непосредственный // *Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции / Всесоюзный НИИ*. – Ленинград, 1988. – Т. 117. – С. 69-76.
5. The effectiveness of early generation (F₃) yield testing and the single seed descent procedures in two cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) crosses / B. R. Ntare, M. E. Aken'ova, R. J. Redden, B. B. Singh // *Euphytica*. – 1984. – V. 33. – Iss. 2. – P. 539-547.

6. Falconer D. S. Introduction to quantitative genetics / D. S. Falconer. – New York: The Ronald Press Co., 1960.

7. Rasmusson, D. C. An evaluation of ideotype breeding / D. C. Rasmusson // *Crop Science*. – 1987. – V. 27. – № 6. – P. 1140-1146.

8. Quail, K. J. Early generation selection in wheat. I. Yield potential / K. J. Quail, R. A. Fischer, J. T. Wood // *Australian journal of agricultural research*. – 1989. – V. 40. – Iss. 6. – P. 1117-1133.

9. Sharma, R. C. Selection for biomass yield in wheat / R. C. Sharma // *Euphytica*. – 1993. – V. 70. – Iss. 1-2. – P. 35-42.

10. Alexander, W. L. Comparison of yield and yield component selection in winter wheat / W. L. Alexander, E. L. Smith, C. A. Dhanasobhan // *Euphytica*. – 1984. – V. 33. – Iss. 3. – P. 953-961.

11. Кузьмина, С. П. Селекционно-генетическая оценка гибридов яровой мягкой пшеницы в условиях Южной лесостепи Западной Сибири / С. П. Кузьмина. – Текст: непосредственный // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 1 (5). – С. 9-14.

References

1. Myuntcing, A. Geneticheskie issledovaniya / A. Myuntcing. – Moskva: Izd-vo inostrannoj lit-ry, 1963. – 488 s. – Tekst: neposredstvennyj.
2. Orlyuk, A. P. Principy transgressivnoj selekcii pshenicy / A. P. Orlyuk, V. V. Bazalij. – Herson, 1998. – 274 s. – Tekst: neposredstvennyj.
3. Singh, T. Evaluation of empirical and predictive approach of selection for yield improvement in wheat / T. Singh // *Journal of Plant Science & Research*. – 2015. – V. 2. – Iss. 2. – P. 131.
4. Rep'ev, S. I. Principy podbora rodi-tel'skih par v transgressivnoj selekcii viki posevnoj / S. I. Rep'ev. – Tekst: neposred-stvennyj // *Sbornik nauchnyh trudov po pri-kladnoj botanike, genetike i selekcii / Vseso-yuznyj NII*. – Leningrad, 1988. – T. 117. – S. 69-76.
5. The effectiveness of early generation (F₃) yield testing and the single seed descent procedures in two cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) crosses / B. R. Ntare, M. E. Aken'ova, R. J. Redden, B. B. Singh // *Euphytica*. – 1984. – V. 33. – Iss. 2. – P. 539-547.
6. Falconer D. S. Introduction to quantitative genetics / D. S. Falconer. – New York: The Ronald Press Co., 1960.

7. Rasmusson, D. C. An evaluation of ideotype breeding / D. C. Rasmusson // Crop Science. – 1987. – V. 27. – № 6. – P. 1140-1146.

8. Quail, K. J. Early generation selection in wheat. I. Yield potential / K. J. Quail, R. A. Fischer, J. T. Wood // Australian journal of agricultural research. – 1989. – V. 40. – Iss. 6. – P. 1117-1133.

9. Sharma, R. C. Selection for biomass yield in wheat / R. C. Sharma // Euphytica. – 1993. – V. 70. – Iss. 1-2. – P. 35-42.

10. Alexander, W. L. Comparison of yield and yield component selection in winter wheat / W. L. Alexander, E. L. Smith, C. A. Dhanasobhan // Euphytica. – 1984. – V. 33. – Iss. 3. – P. 953-961.

11. Kuz'mina, S. P. Selekcionno-geneticheskaya ocenka gibridov yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah YUzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri / S. P. Kuz'mina. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 1 (5). – S. 9-14.



УДК 631.81.036

О.Н. Дёмина, Д.И. Ерёмин
O.N. Demina, D.I. Eremin

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ НИТРАТОВ ПАХОТНОГО ЧЕРНОЗЕМА ПОД ПШЕНИЧНЫМ АГРОФИТОЦЕНОЗОМ

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE DYNAMICS OF NITRATES OF ARABLE CHERNOZEM UNDER WHEAT AGROPHYTOCENOSIS

Ключевые слова: азотный режим, нитраты, чернозем выщелоченный, планируемая урожайность, яровая пшеница, минеральные удобрения, лесостепная зона.

Приводятся результаты исследований нитратного режима пахотного чернозема при использовании минеральных удобрений. Установлено, что черноземные почвы лесостепной зоны Зауралья характеризуются очень низкой обеспеченностью нитратным азотом, которого достаточно для формирования урожайности яровой пшеницы не более 2,0 т/га зерна. Для получения урожая 3,0 т/га и выше требуется внесение минеральных удобрений в дозах от $N_{40}P_{75}$ до $N_{185}P_{160}$ кг/га, которые увеличивают содержание нитратов в первой половине вегетации до 8-16 мг/кг почвы, что соответствует высокой и очень высокой обеспеченности растений. Максимальное содержание нитратного азота при внесении удобрений отмечается в период кущения в слое 0-20 см. На варианте, где удобрения вносили из

расчета получения 6,0 т/га зерна, содержание в слое 0-20 см было равным $57,6 \pm 8,9$ мг/кг, в слое 20-40 см – $35,5 \pm 7,3$ мг/кг почвы. В период от кущения до цветения яровой пшеницы содержание нитратов в почве уменьшалось более чем в 2 раза. К моменту созревания содержание нитратного азота в почве снижается вплоть до первоначального уровня. Рассчитан общий вынос азота яровой пшеницей, который на естественном агрофоне составляет 62 кг/га. Внесение возрастающих доз удобрений увеличивает вынос до 234 кг/га. Установлено, что для формирования 1 т зерна требуется от 31 до 42 кг азота в зависимости от планируемой урожайности. При формировании урожая 3,0 т/га яровой пшеницы на черноземе выщелоченном вклад минеральных удобрений составляет 32%. С увеличением урожайности доля почвенного азота уменьшается до 21%, и основная часть зерна формируется за счет азота удобрений.