

... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2005. – 19 с.

7. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. – М., 1979. – 416 с.

8. Wagar B.I., Stewart J.W.B. and Henry J.L. 1986 Comparison of single large broadcast and small annual seed-placed phosphorus treatments on yield and phosphorus and zinc content of wheat on Chernozemic soils // Can. J. Soil Sci. – 1986. – Vol. 66. – P. 237-248.

References

1. Antonova O.I. О роли гербицидов, удобрении и биологически активныkh вешchestv v povyshenii produktivnosti s.-kh. kul'tur // Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu: mater. Mezhd. nauch.-prakt. konf. – Barnaul: IZD-VO AGAU, 2006. – Kn. 1. – S. 306-311.
Bebekh N.D. Maslichnye kul'tury v Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1968. – 39 s.

2. Buryakov Yu.P., Ivanovskii V.K., Osipov P.F., Maslichnyi len. – M.: Rossel'khozizdat, 1971. – S. 35-37.

3. Zhdanov N.M. Proizvodstvo l'na maslichnogo na Altae // Zernovoe khozyaistvo. – 1976. – № 1. – S. 14-16.

4. Kochkin A.S., Esaulko A.N. Optimizatsiya mineral'nogo pitaniya l'na maslichnogo na chernozeme vshchelochennom // Plodorodie. – 2010. – № 2. – S. 34-35.

5. Kudryavtseva G.N. Optimizatsiya mineral'nogo pitaniya l'na maslichnogo v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri: avtoref. ... dis. kand. s.-kh. nauk. – Novosibirsk, 2005. – 19 s.

6. Dospikhov B.A. Metodika opytnogo dela. – M., 1979. – 416 s.

7. Wagar B.I., Stewart J.W.B. and Henry J.L. 1986 Comparison of single large broadcast and small annual seed-placed phosphorus treatments on yield and phosphorus and zinc content of wheat on Chernozemic soils // Can. J. Soil Sci. – 1986. – Vol. 66. – P. 237-248.



УДК 631.81.033:631.1

В.И. Макаров
V.I. Makarov

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НОРМАТИВОВ ВЫНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

CALCULATION PECULIARITIES OF STANDARD NUTRIENT REMOVAL BY CEREAL CROPS

Ключевые слова: нормативный вынос, хозяйственный вынос, биологический вынос, питательные элементы, макроэлементы, калий, зерновые культуры, яровая пшеница, озимая рожь, солома, удобрения.

Поиск причин, приводящих к значительной изменчивости нормативного выноса питательных веществ зерновыми культурами, является целью работы для выполнения расчетов использованы результаты полевых опытов с яровой пшеницей и данные из источников литературы. Усредненный за три года нормативный вынос питательных элементов яровой пшеницей сорта Иргина составил: азота – 28,1 кг/т; фосфора – 11,6; калия – 22,8 кг/т. Вынос макроэлементов подвержен значительной изменчивости от разных факторов. Коэффициент вариации составил по азоту 22,7%; фосфору – 18,7; калию – 46,3%. Только варибельность рассчитанного нормативного выноса фосфора соответствует допустимой. Нами составлено уравнение регрессии для расчета нормативного выноса азота пшеницей с корректировкой от доз минерального удобрения. Рекомендуется в технологиях возделывания яровой пшеницы Иргина использовать скорректированный нормативный вынос азота в зависимости от доз удобрений: экстенсивной (N_{30}) – 26,2 кг/т; нормальной (N_{60}) – 29,6; интенсивной (N_{90}) – 34,6 кг/т. Высокая ва-

риабельность нормативного выноса калия зерновыми культурами вызвана комплексом взаимосвязанных факторов биологического, метеорологического и технологического порядка. В зерне пшеницы содержалась основная часть хозяйственного выноса азота и фосфора, а калия – в соломе. Поэтому расчет хозяйственного выноса калия на основе нормативного выноса не обладает достаточной достоверностью. При разработке нормативов выноса питательных элементов зерновыми культурами необходимо учитывать факторы, которые могут значительно влиять на данный показатель: внутренние условия питания – видовые и сортовые особенности растений; внешние условия питания – погодные условия, агрохимическая характеристика почв, дозы удобрений; технологические факторы – сроки и технологии уборки продукции.

Keywords: standard nutrient removal, economic nutrient removal, biological nutrient removal, nutrients, macronutrients, potassium, cereal crops, spring wheat, winter rye, straw, fertilizers.

The research goal is the search for the causes of considerable variability of a standard nutrient removal by cereal crops. The results of field experiments with spring wheat and literature data were used for the calculations. Three-year average standard nu-

trient removal by spring wheat of Irgina variety amounted to the following: nitrogen - 28.1 kgN t; phosphorus - 11.6 kgP₂O₅ t; potassium - 22.8 kg K₂O t. The removal of macronutrients revealed considerable variability depending on different factors. The following coefficients of variation were calculated: for nitrogen - 22.7%, for phosphorus - 18.7%, and for potassium - 46.3%. The variability of calculated standard removal for phosphorus only was acceptable. We derived the regression equation to calculate the standard nitrogen removal by wheat adjusted depending on mineral fertilizer rates. The following adjusted standard nitrogen removal is recommended for the cultivation of Irgina spring wheat variety depending on fertilizer application rates: extensive (N30) - 26.2 kgN t; standard (N60) - 29.6 kgN t; and intensive - 34.6 kgN t. The high

variability of the standard potassium removal by cereal crops was caused by aggregate biological, meteorological and technological factors. The greatest percentage of economic nitrogen and phosphorus removal was in wheat grain, and potassium removal in the straw. Therefore, the calculation of the economic potassium removal based on the standard removal is not reliable enough. When calculating the standards of nutrient removal by cereal crops, the following factors affecting that index should be considered: the internal conditions of plant nutrition, i.e. species and varietal features of plants; the external conditions of plant nutrition, i.e. weather conditions, agrochemical features of soils, fertilizer application rates; and technological factors, i.e. harvesting dates and technologies.

Макаров Вячеслав Иванович, к.с.-х.н., доцент, проф. каф. агрохимии и почвоведения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Тел.: (3412) 73-30-77; 912-44-88-743. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.

Makarov Vyacheslav Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agro-Chemistry and Soil Science, Izhevsk State Agricultural Academy. Ph.: (3412) 73-30-77; 912-44-88-743. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.

Введение

Показатели выноса питательных элементов получили широкое распространение в агрохимической практике при планировании доз минеральных и органических удобрений, для оценки эффективности использования агрохимикатов. Ранее разработанные расчетные балансовые методы доз удобрений основывались на коэффициентах использования растениями питательных элементов из почвы и удобрений с учетом выноса [1]. Однако в виду значительной вариабельностью этих коэффициентов в различных биотических и абиотических условиях в настоящее время их не рекомендуют использовать при планировании применения агрохимикатов. Считается наиболее перспективным при расчете доз удобрений использование двух показателей: коэффициента возмещения выноса и норматива выноса [2].

Следует отметить, что в агрохимии принято выделять несколько показателей выноса. Так, согласно ГОСТ 20432-83 «Вынос питательных элементов из почвы - это количество питательных элементов, отчуждаемых из почвы урожаем основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур на единицу площади» [3]. Под этим понятием подразумевается хозяйственный вынос. Второй показатель выноса не имеет официального термина и отличается только единицей измерения - количество питательных элементов в основной и побочной продукции на единицу массы урожая основной продукции с учетом побочной. В российской учебной, научной и производственной литературе данный показатель обозначается разными терминами: вынос 1 т продукции с учетом побочной; норматив выноса; нормативный вынос и др. [1-

5]. К сожалению, очень мало внимания в агрохимических исследованиях уделяется третьему показателю - биологическому выносу. Возможной причиной является сложность проведения этих исследований. Необходимо наряду с определением урожайности основной и побочной продукции выполнять сложные учеты корневой системы растений и пожнивных остатков.

Как известно, наибольшее производственное значение имеет нормативный вынос. Учитывая то, что этот показатель широко используется при планировании доз удобрений, он должен характеризоваться высокой точностью. Однако проведенный обзор литературы выявил значительную вариабельность нормативного выноса. Так, вынос азота яровой пшеницей на дерново-подзолистых почвах может отличаться от 23 до 38 кг/т зерна с соответствующим количеством соломы, фосфора - 9,5-12,0 и калия - 16,5-26,0 кг/т [1-4]. Такая высокая вариабельность показателя, приведенная в различных публикациях, делает его проблематичной для использования в проектных работах.

Целью работы является поиск причин, приводящих к значительной изменчивости нормативного выноса зерновыми культурами и способов корректировки полученных величин. Для выполнения расчетов использованы данные краткосрочных полевых опытов и лабораторных исследований с яровой пшеницей Иргина, проведенных в 2005-2007 гг. (девять опыто-лет) [6]. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая слабокислая (pH_{KCl} 2,01-5,64) с содержанием органического вещества 1,35-1,86%, подвижного фосфора - 73-144 мг/кг и обменного калия - 107-200 мг/кг. В полевых опытах изучали дейст-

вие возрастающих доз азофоски состава 20:10:10.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований сильно отличались, что является характерной особенностью климата Удмуртской республики. В 2005 г. наблюдалась жаркая погода в мае, прохладный и дождливый июнь, умеренно теплые июль и август. Вегетационный период 2006 г. отличался жаркой и сухой погодой, в 2007 г. выпало осадков значительно больше среднемноголетних.

Исходя из трехлетних данных урожайности зерна и соломы яровой пшеницы, химического состава основной и побочной продукции, рассчитан нормативный вынос макроэлементов яровой пшеницей Иргина по рекомендованной методике [2].

Выявлено, что вынос главных макроэлементов подвержен сильному варьированию как от доз используемых удобрений, так и биотических и абиотических условий вегетационных периодов по годам. Установлена четкая закономерность возрастания нормативного выноса азота урожаем пшеницы при увеличении доз основного удобрения во всем изучаемом диапазоне (табл.). При возделывании пшеницы Иргина на дерново-подзолистых почвах без удобрений содержание азота в 1 т зерна с учетом соломы составило всего 24 кг. Известно, что острый недостаток азота в питании растений приводит к реутилизации элемента в процессе вегетации.

Применение основной дозы минерального удобрения $N_{90}P_{45}K_{45}$ формирует нормативный вынос 34 кг/т. Как известно, причиной является усиленное азотное питание растений, которое приводит к возрастанию белковости

зерна. По нашим данным наблюдалось и повышение содержания азота в соломе при использовании высоких доз агрохимикатов.

Нормативный вынос фосфора в значительной степени изменяется по годам. Установлено снижение показателя до 9,0 кг/т в засушливых условиях вегетационного периода 2006 г. Не наблюдается четкой зависимости выноса от доз минеральных удобрений. Нормативный вынос калия также существенно отличается от условий вегетационного периода и меньше – от доз минеральных удобрений, внесенных в основной срок.

Усредненный за три года нормативный вынос питательных элементов пшеницей Иргина составил: азота – 28,1 кг/т; фосфора – 11,6 кг/т; калия – 22,8 кг/т. Полученные данные близки значениям, приведенным в производственных изданиях по выносу фосфора и калия. Нормативный вынос азота ниже сведений, указанных в агрохимической литературе.

Однако возникают вопросы: насколько достоверны средние значения норматива выноса и можно ли их использовать в производственной практике? Расчёт коэффициента вариации (V) позволил сделать заключение об изменчивости показателя применительно к конкретному макроэлементу: азот – 22,7% (значительная); фосфор – 18,7 (средняя); калий – 46,3% (значительная).

При таком коэффициенте вариации только рассчитанный норматив выноса фосфора можно использовать при разработке системы удобрения пшеницы Иргина. Данный показатель применительно к азоту и калию выходит за пределы допустимого уровня вариации ($V > 20\%$).

Таблица

Влияние минеральных удобрений на нормативный вынос макроэлементов яровой пшеницей Иргина, кг/т (ФГУП Учхоз «Июльское», 2005-2007 гг.)

Доза удобрения	2005 г.	2006 г.	2007 г.	Среднее за 2005-2007 гг.
Азот (N)				
1. Без удобрений	23,1	24,4	26,5	24,6
2. $N_{20}P_{10}K_{10}$	21,5	28,0	25,9	25,1
3. $N_{45}P_{23}K_{23}$	22,7	33,6	27,6	28,0
4. $N_{90}P_{45}K_{45}$	28,9	33,6	41,1	34,5
Фосфор (P_2O_5)				
1. Без удобрений	12,8	9,5	13,7	12,0
2. $N_{20}P_{10}K_{10}$	11,1	9,0	12,6	10,9
3. $N_{45}P_{23}K_{23}$	12,9	9,3	12,2	11,5
4. $N_{90}P_{45}K_{45}$	13,7	8,6	14,1	12,1
Калий (K_2O)				
1. Без удобрений	28,0	10,5	28,5	22,3
2. $N_{20}P_{10}K_{10}$	26,2	9,7	26,0	20,6
3. $N_{45}P_{23}K_{23}$	24,6	10,6	28,9	21,4
4. $N_{90}P_{45}K_{45}$	31,1	10,4	39,5	27,0

Однако возможно снижение вариабельности нормативного выноса, выявив закономерности этой изменчивости. Как было установлено, вынос азота существенно изменялся от доз удобрений. Связь нормативного выноса азота с дозами азотных удобрений при выборке (n) 36 пар и коэффициенте нелинейной корреляции (μ), соответствующей 0,63, представлена следующей формулой:

$$y = 0,0009x^2 + 0,0313x + 24,498,$$

где y – нормативный вынос N, кг/т;

x – доза азота, кг/га.

При введении поправочных коэффициентов, увязанных с дозами азота в удобрении, нами получен более низкий коэффициент вариации (V=17,3%), что соответствует допустимой (средней) изменчивости. Однако в этих условиях понадобится корректировка нормативного выноса элемента питания в зависимости от используемых доз удобрений в технологиях возделывания яровой пшеницы Иргина: экстенсивной (N₃₀) – 26,2 кг/т; нормальной (N₆₀) – 29,6; интенсивной (N₉₀) – 34,6 кг/т.

Установлены причины высокой вариабельности нормативного выноса калия зерновыми культурами. Они вызваны комплексом взаимосвязанных факторов биологического, метеорологического и технологического порядка.

Как известно, нормативный вынос питательных элементов рассчитывается применительно к количеству зерна 1 т с соответствующим количеством соломы, полученным при уборке сельскохозяйственной культуры. Поэтому данную методику желательно использовать только для питательных элементов, аккумулирующихся преимущественно в зерне. По нашим данным в соломе пшеницы содержалось азота только 27-37% от хозяйственного выноса, фосфора – 15-21, но значительное количество калия – 77-83%.

Установлено, что в засушливых условиях вегетационного периода 2006 г. существенно снизился нормативный вынос калия (до 12,2-14,1 кг/т), в соломе находилось меньше этого элемента от общего выноса (62-65%). Причина этого факта следующая. Известно, что при недостатке влаги в почве формируются низкорослые растения пшеницы. При уборке таких посевов зерноуборочными комбайнами, особенно при высоком срезе, значительная часть соломины зерновых остается в поле в виде стерни. Учитывая то, что основная доля хозяйственного выноса калия концентрируется в побочной продукции, наблюдается и низкий нормативный вынос.

Необходимо учитывать и сортовые особенности сельскохозяйственных культур при расчете нормативного выноса. Например, по материалам государственного сортоиспытания яровой пшеницы на Можгинском ГСУ Удмуртской республики средняя высота растений при уборке (за 4 года) сорта Симбир-

цит была на 24 см (36,9%) выше в сравнении со Свечой при близкой урожайности зерна – 29,4 и 27,6 ц/га соответственно [7].

Кроме того, известно, что калий, содержащийся в тканях растений и участвующий в их питании, в конце вегетационного периода способен вымываться атмосферными осадками [8], теряться в составе листового опада. Констатируется факт значительной динамичности содержания калия в соломе зерновых по годам, особенно при применении высоких доз удобрений [5, 9, 10]. Так, по данным А.С. Башкова [10], за 20-летний период наблюдений содержание калия в соломе озимой ржи варьировало при известково-органоминеральной системе удобрения в диапазоне 1,19-3,17%, а в контрольном варианте без удобрений – 0,97-2,00%.

Поэтому расчет хозяйственного выноса калия на основе нормативного выноса и урожайности зерна полевых культур не обладает достаточной достоверностью. При расчете доз калийных удобрений при выращивании зерновых культур желательно использовать данные биологического выноса в период максимального содержания данного питательного элемента в тканях растений.

Таким образом, при разработке нормативов выноса питательных элементов необходимо учитывать факторы, которые могут значительно влиять на данный показатель:

- внутренние условия питания: видовые и сортовые особенности растений;
- внешние условия питания: погодные условия, агрохимическая характеристика почв, дозы удобрений;
- технологические факторы: сроки и технологии уборки продукции.

Библиографический список

1. Дзюин Г.П., Безносков А.И., Холзаков В.М. Программирование урожая // Интенсивные технологии на полях Удмуртии. – Ижевск: Удмуртия, 1986. – С. 7-31.
2. Методика разработки нормативов выноса и коэффициентов возмещения выноса питательных веществ при удобрении сельскохозяйственных культур. – М.: ВНИИА, 2008. – 24 с.
3. ГОСТ 20432-83 «Удобрения. Термины и определения». Дата введения 1984-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 19 с.
4. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 486 с.
5. Пискунов А.С. Азот почвы и эффективность азотных удобрений на зерновых культурах в Предуралье. – Пермь, 1994. – 168 с.
6. Шишкина Г.М. Влияние минеральных и органических удобрений на азотное состояние дерново-подзолистых суглинистых почв и урожайность яровой пшеницы в Среднем

Предуралье: дис. ... канд. с.-х. наук. – Ижевск, 2009. – 162 с.

7. Результаты государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур за 2006-2009 гг. – Можга, 2009. – 111 с.

8. Tukey H.B., Tukey H.B., Jr., Wittwer S.H. Loss of nutrients by foliar leaching as determined by radio isotopes // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 1958, Vol. 71. – P. 496.

9. Юскин А.А., Макаров В.И. Влияние систем земледелия на химический состав соломы зерновых культур // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1 (18). – С. 76-79.

10. Башков А.С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья: монография. – Ижевск: ФГБОУ ВПО «Ижевская ГСХА», 2013. – 328 с.

References

1. Dzyuin G.P., Beznosov A.I., Kholzakov V.M. Programirovanie urozhaev // Intensivnye tekhnologii na polyakh Udmurtii. – Izhevsk: Udmurtiya, 1986. – S. 7-31.

2. Metodika razrabotki normativov vynosa i koeffitsientov vozmeshcheniya vynosa pitatel'nykh veshchestv pri udobrenii sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. – M.: VNIIA, 2008. – 24 s.

3. GOST 20432-83 Udobreniya. Terminy i opredeleniya. Data vvedeniya 1984-07-01. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1992. – 19 s.

4. Mineev V.G. Agrokimiya. – M.: Izd. MGU, 1990. – 486 s.

5. Piskunov A.S. Azot pochvy i effektivnost' azotnykh udobrenii na zernovykh kul'turakh v Predural'e. – Perm': 1994. – 168 s.

6. Shishkina G.M. Vliyanie mineral'nykh i organicheskikh udobrenii na azotnoe sostoyanie dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv i urozhaenost' yarovoi pshenitsy v Srednem Predural'e. / Diss. ... kand. s.-kh. nauk. – Izhevsk, 2009. – 162 s.

7. Rezul'taty gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur za 2006-2009 gg. – Mozhga, 2009. – 111 s.

8. Tukey H.B., Tukey H.B., Jr., Wittwer S.H. Loss of nutrients by foliar leaching as determined by radio isotopes // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 1958, Vol. 71. – P. 496.

9. Yuskin A.A., Makarov V.I. Vliyanie sistem zemledeliya na khimicheskii sostav solomy zernovykh kul'tur // Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2009. – № 1 (18). – S. 76-79.

10. Bashkov A.S. Povyshenie effektivnosti udobrenii na dernovo-podzolistykh pochvakh Srednego Predural'ya: monografiya. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2013. – 328 s.



УДК 631.559:633.11

Е.Е. Борисова
Ye.Ye. Borisova

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

EFFECT OF FORECROPS ON SPRING WHEAT YIELDS ON GRAY FOREST SOILS OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Ключевые слова: предшественник, светло-серые лесные почвы, сидераты, урожайность, яровая пшеница.

В последние годы в связи с сокращением поголовья скота в хозяйствах Нижегородской области происходит снижение посевных площадей зернофуражных культур и одновременно увеличение площадей продовольственной яровой пшеницы. Поэтому яровая пшеница является важной культурой для Нижегородской области. В связи с этим главной задачей становится получение стабильных высоких урожаев данной культуры. Целью нашего исследования являлось изучение влияния предшественников и их последствие на урожайность яровой пшеницы на светло-серых лесных почвах. В качестве основного метода исследований был

принят полевой опыт. В работе впервые изучено влияние предшественника с учетом последствие сидерации в севообороте на урожайность яровой пшеницы. Бессменные посевы яровых зерновых и повторные яровой пшеницы ведут к снижению ее урожайности по сравнению с лучшими ее предшественниками, а использование сидерации под предшественники яровой пшеницы позволяет получать более высокую ее урожайность. Так, после картофеля, где в звене севооборота был сидеральный горчиный пар (вариант 2, 4), прибавка по сравнению с урожайностью яровой пшеницы в звене чистым паром (вариант 3, 5) составила в среднем за 2007-2009 гг. 8,8-14,3%. Выявлено, что использование лучших предшественников для яровой пшеницы позволяет получать урожайность в условиях светло-серых лесных почв Волго-