

# Расчет баланса калия по штатам Индии с представлением данных в картографической форме

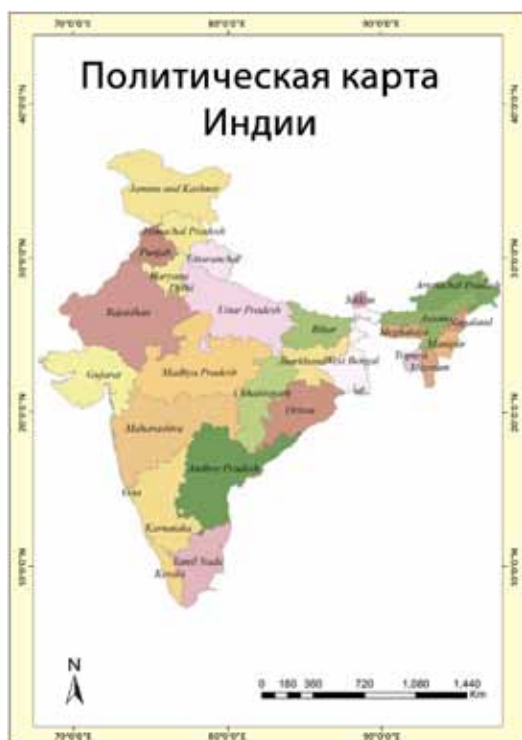
С. Датта, К. Маджумдар, Г. Сулевски, Т. Сатьянараяна, А. Джонстон

Рассчитан и представлен в картографической форме баланс калия по штатам Индии. При этом использованы ГИС-технологии, разработанные Международным институтом питания растений для характеристики применения минеральных удобрений (NuGIS – Nutrient Use GIS). Полученные результаты свидетельствуют об отрицательном балансе калия в большинстве штатов страны, что указывает на превышение выноса калия с урожаем сельскохозяйственных культур над поступлением калия с удобрениями. Недостаточное внесение калия в почву ведет к истощению почвенных резервов калия, что ухудшает плодородие почвы и может привести к значительному снижению урожайности сельскохозяйственных культур в будущем.

В Индии в период после получения независимости произошла значительная интенсификация растениеводства – развивалось орошение, стали выращиваться высокоурожайные сорта и гибриды, обладающие значительно большей потенциальной урожайностью по сравнению с местными сортами. Кроме того, значительно возросло применение минеральных удобрений. Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур вырос в пять раз – с 51 млн. т зерна в 1950-51 гг. до более чем 250 млн. т в настоящее время, в то время как потребление минеральных удобрений ( $N + P_2O_5 + K_2O$ ) за указанный период увеличилось примерно в 400 раз. Однако данный прирост потребления минеральных удобрений характеризуется несбалансированным соотношением между азотом, фосфором и калием. Хуже всего ситуация обстоит с калием. Исторически применение калийных удобрений в стране остается на низком уровне, хотя потребность многих сельскохозяйственных культур в калии сопоставима или даже превышает потребность в азоте. Это ведет к отрицательному ба-

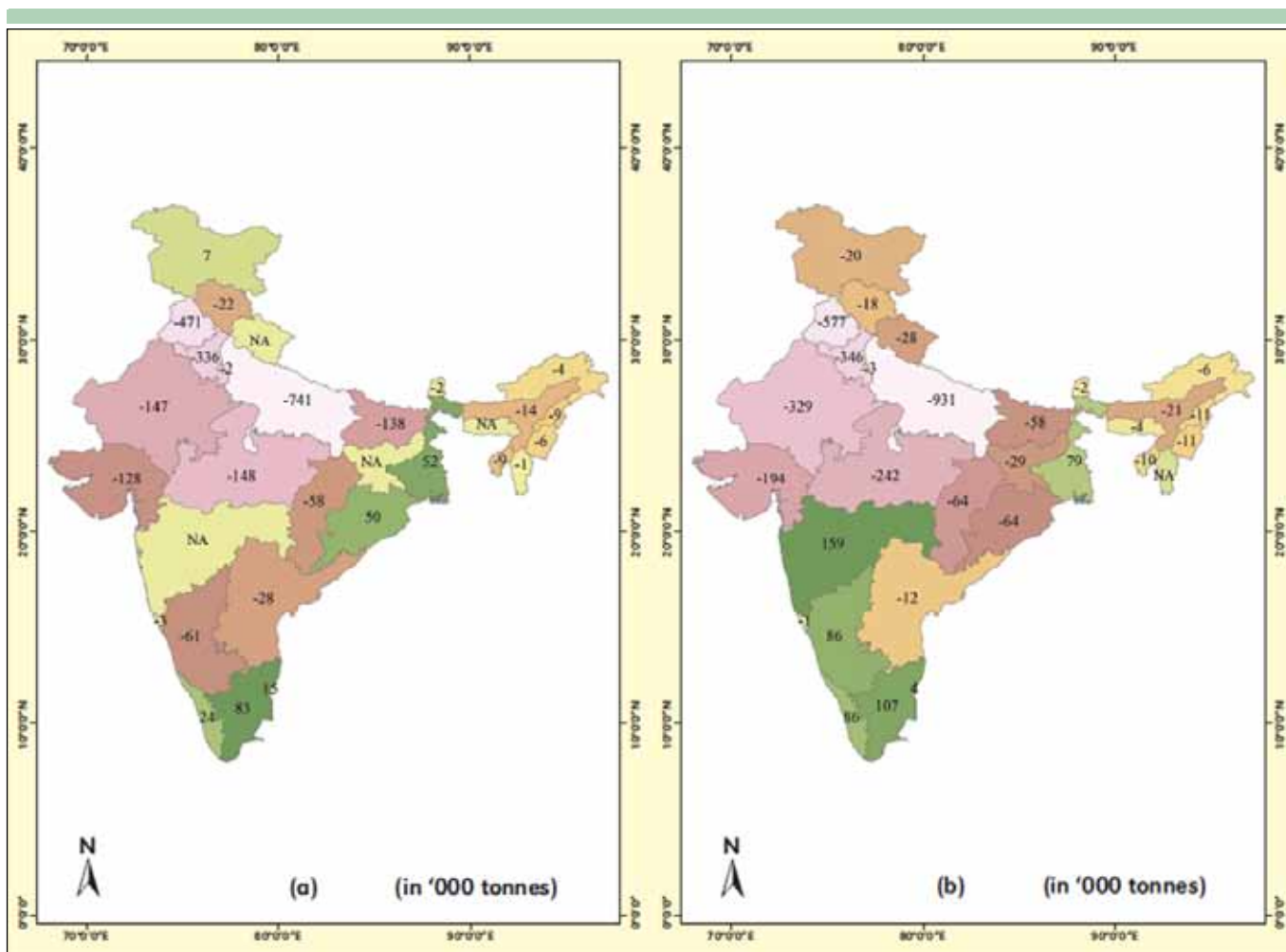
лансу калия в земледелии страны.

Целый ряд исследований, проведенных в Индии, свидетельствует о превышении выноса элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур над поступлением с удобрениями, а также о значительной доле почв с недостаточной обеспеченностью элементами питания. Отмечается, что баланс элементов питания в земледелии страны составляет -9.7 млн. т ( $N + P_2O_5 + K_2O$ ): -1.8 млн. т N (19%), -1.2 млн. т  $P_2O_5$  (12%) и -6.7 млн. т  $K_2O$  (69%). Таким образом, вынос калия с урожаем сельскохозяйственных культур значительно превышает поступление калия с удобрениями, что ведет к истощению почвенных резервов калия. Согласно широко распространенному мнению, большая часть почв Индии хорошо обеспечена доступными для растений формами калия, и поэтому на таких почвах не требуется применять калийные удобрения. Однако подобный подход неприемлем, поскольку в настоящее время в стране используются интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Содержа-



| Сельскохозяйственная культура                    | Вынос калия отчуждаемой продукцией (кг $K_2O$ /т основной продукции)* |
|--|---|
| Пшеница  | 24.00   |
| Рис  | 19.08   |
| Кукуруза   | 20.88   |
| Ячмень (зерно)                                   | 7.30  |
| Нут  | 25.81   |
| Каянус   | 62.50   |
| Маш ( <i>Vigna radiata</i> )                     | 25.81   |
| Чечевица ( <i>Lens culinaris</i> )               | 18.35   |
| Вигна борцелистная ( <i>Vigna aconitifolia</i> ) | 25.81   |
| Арахис (бобы)                                    | 8.51  |
| Кунжут   | 2.54  |
| Горчица  | 9.21  |
| Лен масличный                                    | 11.62   |
| Хлопчатник                                       | 14.80   |
| Сахарный тростник                                | 1.44  |

\* Источник (обобщенные данные по выносу элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур): <http://nugis-india.paqinteractive.com/About%20NuGIS/>



**Рис. 1.** Баланс калия (тыс. т.  $K_2O$ ) по штатам Индии в 2007 (а) и 2011 (б) гг., рассчитанный как разница между поступлением калия с минеральными удобрениями и выносом калия с отчуждаемой продукцией сельскохозяйственных культур. NA – нет данных.

ние доступных форм калия, достаточное для получения 1-2 т/га зерна, может быть недостаточным для получения более высокого урожая, когда проводится посев семенами лучшего качества, а также используются все другие элементы современных агротехнологий. Это ясно указывает на необходимость проведения периодической оценки баланса калия в регионах, где применяются интенсивные системы земледелия, чтобы избежать нежелательного ухудшения почвенного плодородия по калию. В настоящем исследовании с помощью стандартной методологии анализируются данные, полученные из общедоступных источников, для оценки того, как за 4-летний период (с 2007 по 2011 гг.) изменился баланс калия по штатам Индии.

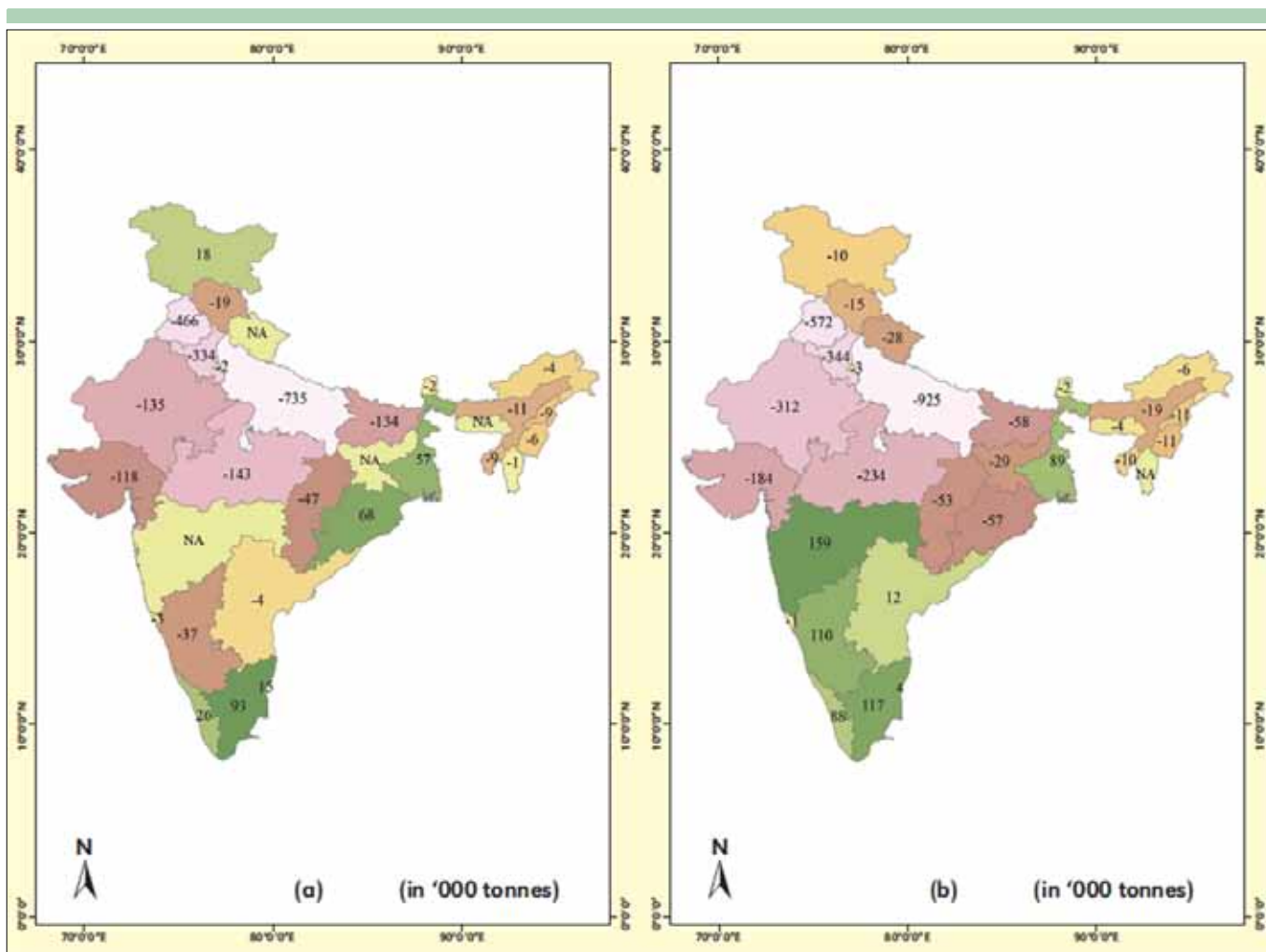
### Расчет баланса калия

В данной работе при расчете баланса калия учитывалось поступление калия в почву с минеральными и органическими удобрениями, а также вынос калия с урожаем основных сельскохозяйственных культур. Источники данных по применению минеральных и органических удобрений по штатам страны – сайт статистического отдела департамента сельского хозяйства и кооперации Министерства сельского хозяйства Индии (<http://inputsurvey.dacnet.nic.in/districttables.aspx>)

и Ассоциация производителей минеральных удобрений Индии (FAI). Исходя из данных, полученных из вышеуказанных источников, рассчитывалось поступление калия с минеральными и органическими удобрениями по районам страны. Расчет поступления калия с органическими удобрениями (навозом) проводился с учетом среднего содержания калия в навозе.

Вынос калия с урожаем рассчитывался исходя из валовых сборов сельскохозяйственных культур и содержания калия в отчуждаемой с поля сельскохозяйственной продукции. Например, в конкретном штате страны было собрано 10 и 12 млн. т риса в 2007 и 2011 гг. соответственно. Тогда с учетом отчуждения с урожаем зерна и соломы 19.08 кг  $K_2O$ /т зерна (из опубликованных литературных данных) вынос калия в данном штате составляет 190 и 228 тыс. т  $K_2O$  в 2007 и 2011 гг. соответственно. Учитывался вынос калия с отчуждаемой продукцией таких основных сельскохозяйственных культур, как рис, пшеница, кукуруза, ячмень, нут, каюнус, маш, чечевица, вигна борцелистная, арахис, кунжут, горчица, лен масличный, хлопчатник и сахарный тростник. В **табл. 1** дается вынос калия с отчуждаемой продукцией вышеуказанных культур. При расчете баланса калия не учитывался вынос калия овощными и плодовыми культурами.

Баланс калия по штатам Индии (2007 и 2011 гг.)



**Рис. 2.** Баланс калия (тыс. т. K<sub>2</sub>O) по штатам Индии в 2007 (а) и 2011 (б) гг., рассчитанный как разница между поступлением калия с минеральными и органическими удобрениями и выносом калия с отчуждаемой продукцией сельскохозяйственных культур.

рассчитывался как разница между поступлением калия с удобрениями (с учетом и без учета органических удобрений) и выносом калия с отчуждаемой продукцией сельскохозяйственных культур. Полученные величины были отображены на карте страны с использованием программного обеспечения ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012).

### Баланс калия по штатам Индии

На рис. 1 показан баланс калия по штатам Индии за 2007 и 2011 гг., рассчитанный без учета поступления калия в почву с органическими удобрениями. Отрицательный баланс калия свидетельствует об истощении почвенного плодородия по калию, в то время как положительный баланс калия указывает на воспроизводство почвенного плодородия. Согласно полученным данным, в большинстве северных (Пенджаб, Харьяна, Уттар-Прадеш), восточных (Ассам, Орисса, Трипура) и западных (Гуджарат, Раджастан) штатов Индии в 2011 г. происходило более сильное истощение почвенного плодородия по калию, чем в 2007 г. Таким образом, в вышеуказанных штатах в почву в целом поступало меньше калия, чем требуется вносить с минеральными удобрениями. Интересно отметить, что баланс калия в штатах Бихар и

Джаркханд стал менее дефицитным в 2011 г. по сравнению с 2007 г. (штат Джаркханд был частью штата Бихар в 2007 г.). Данные положительные изменения произошли в результате роста применения калийных удобрений в вышеуказанных штатах в 2011 г. При этом применение минеральных удобрений в целом стало более сбалансированным. Аналогичные изменения также наблюдались и в штате Андхра-Прадеш. Для штатов Западная Бенгалия и Тамилнад характерен положительный баланс калия как в 2007, так и в 2011 гг. В штатах Карнатака и Орисса за рассматриваемый период произошли прямо противоположные изменения. Так, в штате Карнатака баланс калия изменился с отрицательного на положительный, а в штате Орисса, наоборот, – с положительного на отрицательный.

Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что в штате Уттар-Прадеш валовой сбор зерна (зерновые и зернобобовые культуры) в 2007 г. составил 41 млн. т при внесении 0.17 млн. т K<sub>2</sub>O, а в 2011 г. валовой сбор зерна достиг 51 млн. т при увеличении применения калийных удобрений до 0.27 млн. т K<sub>2</sub>O. Следовательно, 1 т зерна была получена при внесении в почву в среднем 4.0-4.5 кг K<sub>2</sub>O, что значительно ниже оптимальных доз калия. Это привело к тому, что в штате Уттар-Прадеш



в период с 2007 по 2011 г. баланс калия стал еще более дефицитным. В тоже время в штате Андхра-Прадеш валовой сбор зерна в 2007 г. составил 19.3 млн. т при внесении 0.34 млн. т  $K_2O$ , а в 2011 г. было собрано 20.1 млн. т зерна при внесении 0.35 млн. т  $K_2O$ . Следовательно, 1 т зерна была получена при поступлении в почву в среднем 17 кг  $K_2O$ . Это способствовало тому, что в 2011 г. баланс калия в штате Андхра-Прадеш улучшился – стал менее дефицитным по сравнению с 2007 г.

На рис. 2 представлен баланс калия по штатам Индии, рассчитанный с учетом поступления калия с органическими удобрениями. Как и следовало ожидать, баланс калия при этом улучшился – отмечено либо снижение дефицита, либо повышение профицита баланса калия. Однако радикальное улучшение баланса калия при учете поступления калия с органическими удобрениями зафиксировано только в штате Андхра-Прадеш. В данном штате в 2011 г. наблюдался отрицательный баланс калия при учете поступления калия только с минеральными удобрениями, и положительный баланс, если в расчет принималось поступление калия с органическими удобрениями. Отсутствие подобных существенных изменений в целом по стране связано с ограниченным количеством органических удобрений, поскольку навоз используется в качестве топлива. Солома может скормливаться животным, а также использоваться в качестве строительного материала.

В целом, в 2007 г. в большинстве штатов Индии складывался отрицательный баланс калия, и в 2011 г. ситуация еще больше ухудшилась – баланс калия стал более дефицитным. Это произошло, по-видимому, в результате снижения применения калийных удобрений, а также повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Определение содержания доступных для растений форм калия в почве (обменного калия) не всегда позволяет выявить происходящее истощение резервов почвенного калия. Это связано с тем, что при калийном истощении почвы происходит высвобождение калия из необменных форм, содержание которых обычно не определяется при проведении массовых почвенных анализов. Однако такое «незамеченное» истощение резервов почвенного калия может привести к сильному ухудшению плодородия почвы. Соответственно, в будущем потребуются более высокие инвестиции на восстановление почвенного плодородия по калию. Результаты минералогических исследований свидетельствуют о том, что сильная потеря межпакетного калия вызывает необратимые трансформационные изменения глинистых минералов иллитовой группы. Образующиеся при этом трехслойные алюмосиликаты способны высвобождать значительно меньшие количества калия. В целом, почвы Индии (особенно аллювиальные почвы) характеризуются высоким содержанием калийсодержащих трехслойных алюмосиликатов и поэтому обладают высокой калийснабжающей способностью. Однако существует определенная

степень калийного истощения почвы, когда его дальнейшее прогрессирование ведет к необратимой потере почвенного плодородия – ухудшению качества почвы. Это может негативно отразиться на продуктивности пашни.

## Выводы

Согласно результатам проведенного исследования, для большинства штатов Индии характерен отрицательный баланс калия. При этом в 2011 г. он стал еще более дефицитным по сравнению с 2007 г. Таким образом, для предотвращения дальнейшего истощения почв необходимо сбалансировать соотношение между элементами питания во вносимых минеральных удобрениях за счет повышения доз калия. Расчет доз калийных удобрений должен проводиться исходя из оценки калийснабжающей способности почвы, для которой свойственна пространственная и временная изменчивость. Кроме того, должна учитываться и потребность выращиваемых сельскохозяйственных культур в калии для достижения запланированного уровня урожайности. Это будет способствовать формированию устойчивой продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранению здоровья почвы.

## Литература

- Agriculture Census Division, Dept. Agric. and Coop., Ministry of Agric., Govt. of India website (<http://inputsurvey.dacnet.nic.in/districttables.aspx>). Last accessed on November 9, 2013.
- Biswas, P.P. and P.D. Sharma. 2008. *Indian J. Fert.*, 4(7): 59-62.
- ESRI, 2012. <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis10>. Last accessed on November 29, 2013.
- Fertilizer Statistics. 2007. Fertilizer Association of India. FAI House, New Delhi.
- Fertilizer Statistics. 2011. Fertilizer Association of India. FAI House, New Delhi.
- Special Data Dissemination Standard Division, Directorate of Economics & Statistics Ministry of Agriculture Govt. of India, ([http://apy.dacnet.nic.in/crop\\_fyrr\\_toyr.aspx](http://apy.dacnet.nic.in/crop_fyrr_toyr.aspx)). Accessed on October 24, 2013.
- Samra, J.S. and P.D. Sharma. 2009. *Proceedings of the IPI-OUAT-IPNI International Symposium Bhubaneswar, Orissa, India, 5-7 November, 2009*, pp. 15-43.
- Sanyal, S.K., M.S. Gill, and K. Majumdar. 2009. *Proceedings of the IPI-OUATIPNI International Symposium Bhubaneswar, Orissa, India, 5-7 November, 2009*, pp. 389-405.
- Sarkar, G.K., A.P. Chattopadhyay, and S.K. Sanyal. 2013. *Geoderma*. 207-208: 8-14.
- Satyanarayana, T. and R.K. Tewatia. 2009. *Proceedings of the IPI-OUAT-IPNI International Symposium Bhubaneswar, Orissa, India, 5-7 November, 2009*, pp. 467-485.
- Tandon, H.L.S. 2004. *Fertilizers in Indian Agriculture from 20th to 21st Century*, FDCO New Delhi, pp. 240.

Перевод с английского: В.В. Носов – региональный директор Международного института питания растений по Югу и Востоку России, к.б.н.