

6. Жуланова В.Н., Кураченко Н.Л. Современное физическое состояние агропочв Тувы // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 18–23.
7. Сахаровский В.М. Донник – перспективная культура в Туве // Интенсификация кормопроизводства в Восточной Сибири. – Новосибирск, 1983. – С. 33.
8. Сотна А.С. Использование различных видов паров для повышения плодородия почв в Республике Тыва: метод. рекомендации. – Кызыл: ТувНИИСХ, 2005. – 14 с.
9. Серякова Д.Г. Удобрения – залог высоких урожаев. – Кызыл: Тувкнигоиздат, 1976. – 56 с.
10. Кузьминых А.Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 41.



УДК 631.454:633.15(668.2)

Р.С.К. Какпо

#### ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ «DSSAT-SIG» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПОД КУКУРУЗУ В ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕНИНА

*В статье рассматривается применение интегрированной модели «DSSAT-SIG» для определения потенциального урожая кукурузы в южной и центральной части Бенина, где преобладают бедные азотом и фосфором ферралитные почвы.*

**Ключевые слова:** особенности почвы и климата, вычисление доз удобрений, кукуруза, интегрированная модель «DSSAT-SIG», Бенин.

R.S.K. Какпо

#### THE APPLICATION OF THE INTEGRATED “DSSAT-GIS” MODEL FOR THE CORN FERTILIZER DOSE DETERMINATION IN BENIN SOUTHERN AND CENTRAL PARTS

*The application of the integrated model “DSSAT-SIG” to determine the potential corn yield in Southern and Central Benin where the poor in nitrogen and phosphorus ferralitic soil predominate are considered in the article.*

**Key words:** peculiarities of soil and climate, calculation of fertilizer doses, corn, integrated model “DSSAT-SIG”, Benin.

---

**Введение.** Рекомендации по внесению минеральных удобрений в Бенине по большей части устарели. Они не учитывают сильную деградацию почв и разницу между агроэкологическими зонами. Необходимо пересмотреть формулы и дозы минеральных удобрений, используемых в республике. В этой связи разработаны новые подходы к составлению рекомендаций по формулам и дозам минеральных удобрений, которые принимают во внимание информацию об особенностях климата, почвы и агротехнических методах каждого региона. Система поддержки принятия решений для передачи агротехнологий – это имитационная модель роста и развития растений.

**Цель исследований.** Оценка эффективности системы поддержки принятия решений для передачи агротехнологий при вычислении формул, а также доз минеральных удобрений; определение благоприятных сроков посева кукурузы для получения наибольшего урожая в южной и центральной части Бенина.

**Объекты и методы исследований.** Исследуемая территория находится между 6° и 8° и занимает площадь приблизительно 22 000 км<sup>2</sup>. Она охватывает 34 коммуны в департаментах Атлантический, Литораль, Уэме, Плато, Зу и полностью или частично в департаменте Коллин. Климат южной части Бенина субэкваториальный и характеризуется незначительными колебаниями температуры. Среднемесячная температура составляет 28°C. В центральной части Бенина климат судано-гвинейский с одним сезоном дождей и большими колебаниями температуры. Среднемесячная температура составляет примерно 28°C.

Среднемесячное количество осадков составляет 1 481 мм, среднемесячное значение потенциальной эвапотранспирации – 1 648 мм.

Растительность представлена в основном кустарниковыми зарослями, масличными пальмами и несколькими хлопковыми деревьями (*Ceiba pentandra*). Последние соотносятся с участками деградации тропических лесов с растениями вида Кола (*Cola cordifolia*), *Триплохитон твердосмолий* (*Triplochytos scleroxylon*), *Хлорофора высокая* (*Chlorophora exelsa*) и хлопковое дерево (*Ceiba pentandra*), которые встречаются очень редко.

На юге Бенина преобладают следующие типы почв: ферралитные почвы на глинистых осадках третичных континентальных отложений или на песчаниках мелового периода, которые находятся на семи плато на юге (Порто-Ново, Аллада, Кету, Абомей, Заннанандо, Догбо, Аплахуэ), гидроморфные почвы в долинах, низменностях и на аллювиальных равнинах, вертисоли в низменности Лама и коричневые эвтрофные тропические почвы, часто в сочетании с гидроморфными почвами и вертисолями в нижней части региона. В центре Бенина чаще всего встречаются железистые тропические почвы, которые преобладают в центральной части региона, и грубые, эродированные минеральные почвы на границах возвышенностей [Igué, Floquet, Stahr, 2005; Accuracy of the..., 2012].

*Система поддержки принятия решений для передачи агротехнологий.* Система поддержки принятия решений для передачи агротехнологий (DSSAT) – это комплекс программ по управлению базами данных по климату, почвам, агротехническим методам, имитационная модель роста различных культур и программа для вычисления сезонной стратегии и анализа рисков. Программа «Le DSSAT v4.5» – это модель системы поддержки принятия решений для передачи агротехнологий, которая охватывает 28 культур, включая кукурузу. Она содержит модуль «идентичная почва», предназначенный для имитации водно-азотно-углеродного баланса почвы, «модель динамики углерода и азота в почве CENTURY», инструмент управления климатическими данными «Синоптик» (WheatherMan), инструмент для работы с экспериментальными данными «ATCreate» для ввода и корректировки данных о росте, развитии и урожайности растений, а также результатов измерений, касающихся содержания воды, азота и углерода в почве, графическую программу «GBuild» для графического представления экспериментальных и имитационных данных, программу сезонного анализа биофизических и экономических данных сезонных культур и программу диагностики и оценки «STATS» для статистического анализа имитационных и измеренных данных по развитию и урожайности растений и составляющих урожая.

Сорт кукурузы «DMR-ESR-W» – это сорт свободного опыления (перекрестного опыления). Вегетационный период длится 90 сут. Початки плотно окружены листьями. Зерна белого цвета, полузубовидного, полумучнистого, полустекловидного типа. Потенциальная урожайность 5 т с 1 га. Этот сорт кукурузы очень популярен среди сельскохозяйственных производителей в южной и центральной части Бенина [Document technique ..., 2010].

*Расчет потенциального урожая, сроков посадки и доз удобрений.* Модель «DSSAT v4.5» связана с геоинформационной системой (ГИС) посредством программного обеспечения IDSS/GSSAT. Сначала осуществляется настройка модели для используемого сорта кукурузы. Затем выполняется имитация. Сезонный анализ в приложении «Сезонный анализ» позволяет выбрать лучшие условия для получения наибольшего урожая, наиболее благоприятные сроки посева и оптимальные дозы удобрений путем сравнения метеорологических данных за 30 лет. Чтобы отразить то, что полив сельскохозяйственных культур в Бенине осуществляется естественным путем, потенциальный урожай кукурузы рассчитывается в условиях естественного полива. Наиболее благоприятные сроки посева определяются на основе потенциального урожая выбранного сорта кукурузы при естественном поливе. В том, что касается оптимальных доз удобрений при расчете потребности в питательных веществах, учитываются только те значения, при которых урожайность продолжает повышаться пропорционально количеству применяемых удобрений. Затем при помощи ГИС результаты имитации преобразуют в карту рекомендаций для определенной местности. Для проведения оценки в базу данных модели DSSAT вносят несколько типов данных. Это географические данные для ГИС, а именно страна, коммуны, деревни, высота, долгота, широта, физические характеристики почвы, т.е. ее текстура, структура и цвет, химические свойства почвы, в частности, содержание органического углерода, общее количество азота, усвояемого фосфора, обменного калия, pH-H<sub>2</sub>O, емкость катионного обмена, топография почвы, генетические характеристики сорта кукурузы, а именно продолжительность вегетационного периода, время цветения, тип листьев, количество зерен в початке, стоимость удобрений и их применение, стоимость орошения и цена зерна.

Настройка модели «CERES-maize» системы «DSSAT» выполнена на основе информации о кукурузе сорта «DMR-ESR-W».

*Формирование файлов DSSAT.* Для выполнения имитации через IDSS создаются следующие файлы СППР: «Почва» (Fichier Sol), «Метео» (Fichier Météo), «Генотип» (Fichier Génotype), «Эксперимент» (Fichier Expérimentation) и «Экономика» или «Цена» (Fichier Economique ou Prix). В файле «Почва» содержится информация о физико-химических и биологических параметрах 2970 горизонтов 771 профиля почвы исследуемой территории, а также информация о количестве осадков, о максимальной и минимальной температуре и солнечном облучении, полученная на метеорологических станциях в Котону, Бохиконе и Саве. Информация, предоставленная 55 осадкомерными станциями, расположенными в Региональном центре развития сельского хозяйства (CeRPA), Коммунальном центре развития сельского хозяйства (CeCPA) и на станциях исследований и разработок позволила уточнить данные о количестве осадков в различных коммунах, расположенных на исследуемой территории. В результате удалось свести к минимуму возможные погрешности при имитации. Данные по климату были преобразованы в юлианский календарь. В файле «Генотип» представлены

генетические коэффициенты кукурузы сорта «DMR-ESR-W»: 1) тепло, накапливаемое в период с начала до конца фазы созревания, выраженное в градусо-днях с температурой выше базовой 8°C, когда растения не чувствительны к изменениям длительности светового дня; 2) сдвиг развития, выраженный в днях, с увеличением продолжительности светового дня до самого длинного светового дня, когда развитие достигает максимального темпа (предположительно 12,5 ч); 3) тепло, накапливаемое в период с начала цветения женских соцветий до физиологической зрелости, в градусо-днях с температурой выше базовой 8°C; 4) тепло, накапливаемое в период до появления двух настоящих листьев, выраженное в градусо-днях. В файле «Эксперимент», который определяет условия имитации, принимаются в расчет данные, касающиеся почвы, климатических условий, сорта кукурузы «DMR-ESR – W» и способов управления культурами, в частности, комбинация сроков посева, доз удобрений, сорта кукурузы и способов полива. В файле «Экономика или цена» содержится информация о стоимости производства и товарной цене зерна на исследуемой территории.

**Выполнение имитации.** Было выделено тридцать шесть комбинаций доз азота-фосфора-калия: 4 дозы азота – 0–40–80–120 кг/га, 3 дозы фосфора – 0–30–60, 3 дозы калия – 0–40–80 кг/га. Определено четыре срока посева: 15 марта, 15 апреля, 15 мая и 15 июня. Были обозначены и реализованы три сценария имитации: 1) потенциальная урожайность, обеспеченная климатическими ресурсами; 2) потенциальная урожайность, обеспеченная естественными условиями полива; 3) урожайность при ограниченном количестве воды и питательных элементов. В целом было обозначено 144 варианта управления.

**Результаты исследований и их обсуждение.** *Почвенно-метеорологическая карта.* В результате сканирования карты почвы, административной карты и метеорологической карты удалось получить карту со слоями, содержащими информацию о почве и о климате (рис. 1). В результате наложения почвенной карты на метеорологическую получили карту с тремя зонами пересечения почвенно-метеорологических данных, которые были определены на базе трех плювиометрических регионов: Котону, Бохион и Саве. Первая почвенно-метеорологическая зона объединяет южные части агроэкологической зоны 6, т.е. зоны ферраллитных почв и археологических зон 7 и 8 (зон низменности и зоны рыболовства). Во второй почвенно-метеорологической зоне сгруппированы северные части перечисленных агроэкологических зон и южная часть агроэкологической зоны 5, т.е. хлопководческой зоны центральной части Бенина. Таким образом, это переходная зона. Третья почвенно-метеорологическая зона представлена хлопководским районом центральной части Бенина.

*Сроки посева и потенциальный урожай кукурузы сорта «DMR-ESR-W».* Наиболее благоприятный срок посева для кукурузы сорта «DMR-ESR-W» в южной части Бенина приходится на середину апреля. В центральной части Бенина наиболее благоприятный срок посева для кукурузы сорта «DMR-ESR-W» в период с середины апреля до середины мая (рис. 1, а).

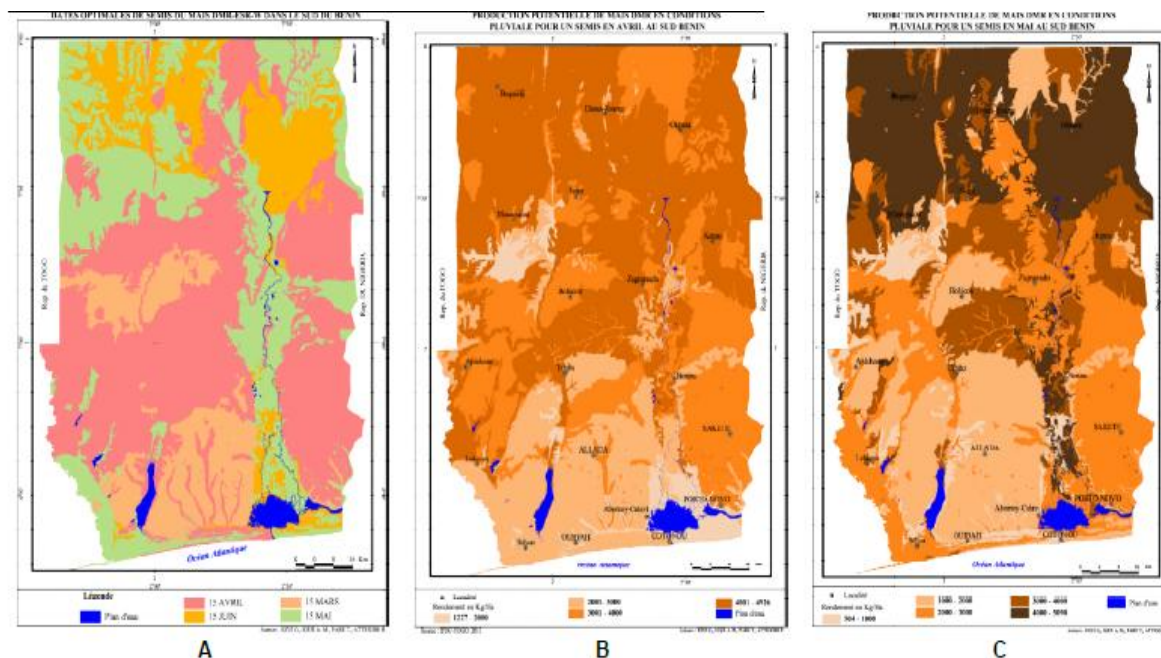


Рис. 1. Карты посевов (а) и потенциальные урожаи посевов в апреле (в) и в мае (с)

Таким образом, следует избегать слишком ранних или поздних сроков посева. Так, потенциально достижимый уровень урожая кукурузы сорта DMR-ESR-W, высеянной в апреле, в условиях естественного полива на юге Бенина составляет порядка 2–4 т/га, в центре Бенина 3–4,9 т/га (рис. 1, в), а потенциально достижимый уро-

вень урожая кукурузы, высеянной в мае, в условиях естественного полива на юге Бенина составляет 1–3 т/га, в центре Бенина 4–5,1 т/га (рис. 1, с). Посев кукурузы сорта «DMR-ESR-W» в мае влечет за собой снижение потенциальной урожайности на юге Бенина, поскольку для этого региона такой срок посадки является поздним, в то время как в центральной части Бенина он является наиболее благоприятным, и потенциальная урожайность при этом увеличивается. Чем позднее сроки посева кукурузы сорта «DMR-ESR-W» по отношению к оптимальным датам, тем более неоднородным становится урожай, и тем хуже качество зерен [Batamoussi, 2008].

*Оптимальные комбинации доз удобрения.* Было имитировано несколько оптимальных комбинаций доз удобрений. В основном в этих комбинациях отмечается повышенное содержание азота – от 80 до 120 кг/га. Это свидетельствует об общем дефиците азота в почвах на юге и в центре Бенина.

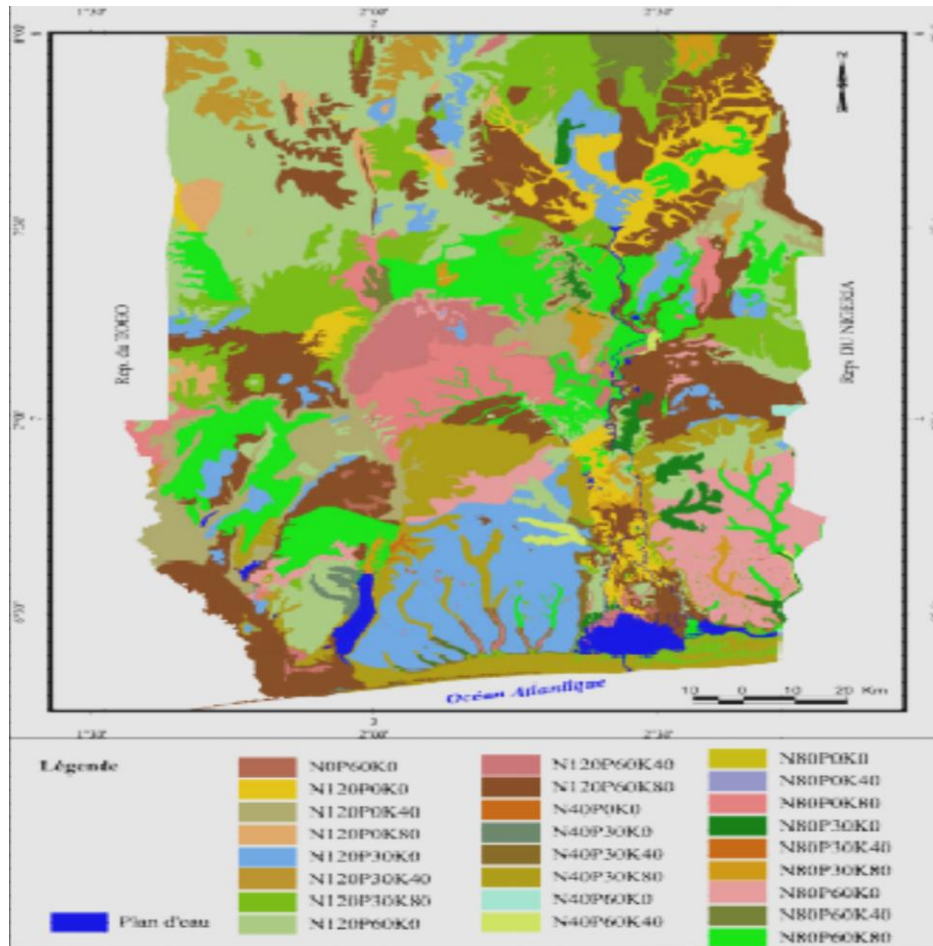


Рис. 2. Оптимальные комбинации доз удобрений

Увеличение доз питательных веществ имеет значение лишь в тех зонах, где плювиометрические и почвенные условия позволяют растению развить свой потенциал при правильной стратегии повышении эффективности азота, например, при дроблении рекомендованной дозы минеральных удобрений или внесении минеральных удобрений совместно с органическими. Оптимальные дозы фосфора составляют от 30 до 60 кг/га. Но в целях повышения экономической прибыли рекомендуется применять фосфор в дозировке 30 кг/га. Потребность кукурузы в калии невысока и составляет от 0 до 40 кг/га для большинства комбинаций, имитированных в модели (рис. 2). Но во избежание истощения калия в почве в условиях горного земледелия, которое практикуется небольшими землевладельцами на исследуемой территории, рекомендуется внести не менее 25 кг калия на 1 га, чтобы обеспечить длительное функционирование системы.

**Заключение.** Применение модели «DSSAT v4.5» совместно с геоинформационной системой (ГИС) посредством программного обеспечения IDSS/GSSAT позволяет исследовать результаты применения большого количества вариантов доз минеральных удобрений. Имитация применения этих доз удобрений на конкретной местности дает возможность отобрать только те варианты, которые приводят к получению хорошего урожая с минимальными возможными отклонениями на разных почвах и в разных метеорологических условиях. Таким образом, для южной и центральной части Бенина для получения хорошего урожая кукурузы



сорта DMR-ESR-W наиболее эффективными дозами являются следующие: азот – 80–120 кг/га, фосфор – 30, калий – 40 кг/га. Подкормка должна сочетаться с дополнительными агротехническими приемами, такими, как закапывание в землю растительных остатков после сбора урожая кукурузы. Интегрированный подход «DSSAT-SIG» является инновационным и дает возможность привести рекомендации по дозам минеральных удобрений для Бенина в актуальное состояние. Внедрение системного подхода «DSSAT-SIG» в Бенине позволяет отобрать необходимые технологические приемы для производства кукурузы. Этот подход является стратегией выбора. Тем не менее перед применением полученных результатов на всей территории страны необходимо опробовать описанные в настоящем исследовании дозы минеральных удобрений на сельскохозяйственных территориях.

### Литература

1. *Batamoussi H.* Impact des dates de semis sur la croissance, le développement et le rendement de deux hybrides de maïs sélectionnés pour être vulgarisés dans la région des tchernozioms typiques en Ukraine // *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*. – 2008. – P. 17–30.
2. *Igué A.M., Floquet A., Stahr K.* Land use/ cover change and farming systems in central Benin // *Bulletin de la Recherche Agronomique*. – 2005. – P. 23–37.
3. Accuracy of the Land Use/Cover classification in the Oueme Basin of Benin (West Africa)/ *A.M. Igué, C.J. Houndagba, T. Gaiser* [et al.] // *International Journal of AgriScience*. – 2012. – P. 174–184.
4. Document technique d'Information et de vulgarisation: Répertoire des Variétés de Maïs Vulgarisées au Bénin / *C.G. Yallou, K. Aïhou, A. Adjanooun* [et al.] // *MAEP/INRAB/BENIN*. – 2010. – P. 36.



УДК 630.23

Е.А. Усова

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ОРЕХА МАНЬЧЖУРСКОГО В ДЕНДРАРИИ СИБИРСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*В статье рассматриваются особенности изменчивости сеянцев ореха маньчжурского в дендрарии Сибирского технологического университета. Проведен сравнительный анализ сеянцев, выращенных из семян экземпляров, отобраных по биометрическим показателям. Выделены особи, отличающиеся по высоте, диаметру ствола.*

**Ключевые слова:** семенное размножение, сеянцы, высота, диаметр, дендрарий, Сибирский технологический университет.

Е.А. Усова

### VARIABILITY OF MANCHURIAN NUT SEED PROGENY IN THE ARBORETUM OF SIBERIAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

*The peculiarities of Manchurian nut seedling variability in the arboretum of Siberian technological university are considered in the article. The comparative analysis of the seedlings grown from the seed specimens selected on the biometric indicators is carried out. The species differing on the height, the trunk diameter are singled out.*

**Key words:** seed reproduction, seedlings, height, diameter, arboretum, Siberian technological university.

---

**Введение.** Орех маньчжурский (*J. mandshurica* Max.) – листопадное дерево, или кустарник семейства ореховые, высотой около 30 м. Типичный представитель маньчжурской флоры. Растет в лесах Приморского и Хабаровского края, в Амурской области и Северо-Восточном Китае. Ствол маньчжурского ореха прямой и ровный. Его крона раскидиста и ажурна, чем-то похожа на отдельные виды пальм. Кора по цвету темно-серая. Листья располагаются на длинных черешках, могут достигать метровой длины. Они сложные. Листовые пластинки зубчатые, с заостренной вершиной. Мелкие цветки однополые, появляются к моменту распус-